



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SELENYUMUN AMİK OVASI TOPRAK SERİLERİNDE TAYİNİ ve BU
TOPRAKLARIN FİZİKSEL - KİMYASAL ÖZELLİKLERİYLE
İLİŞKİLERİ**

Abdo ÖZKAN

KİMYA ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**HATAY
MAYIS-2014**



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SELENYUMUN AMİK OVASI TOPRAK SERİLERİNDE TAYİNİ ve BU
TOPRAKLARIN FİZİKSEL - KİMYASAL ÖZELLİKLERİYLE
İLİSKİLERİ**

Abdo ÖZKAN

KİMYA ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**HATAY
MAYIS-2014**

T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Selenyumun Amik Ovası Toprak Serilerinde Tayini ve Bu
Toprakların Fiziksel - Kimyasal Özellikleriyle
İlişkileri

Abdo ÖZKAN

KİMYA ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Prof. Dr. Şana SUNGUR danışmanlığında hazırlanan bu tez **29/05/2014** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Şana SUNGUR
Başkan

Doç. Dr. Veli UYGUR
Üye

Doç. Dr. Muhsin EZER
Üye

Doç. Dr. Yasin YÜCEL
Üye

Yrd. Doç. Dr. Zeki AYDIN
Üye

Kod No: 50

Prof. Dr. İsmail Hakkı KARAHAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 9820

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

29/05/2014

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Abdo ÖZKAN

ÖZET

SELENYUMUN AMİK OVASI TOPRAK SERİLERİNDE TAYİNİ ve BU TOPRAKLARIN FİZİKSEL - KİMYASAL ÖZELLİKLERİYLE İLİŞKİLERİ

Selenyumun topraklar, bitkiler ve hayvanlar için gerekli eser element olduğu 1957 yılından beri yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Türkiye'nin güneyinde, Hatay ili sınırları içerisinde, batısında Amanos Dağları, kuzeyinde Karasu, doğusunda Afrin Vadisi, Güneyinde de Asi Vadisi ve Keldağ çıkıntılarınca çevrelenmiştir. Amik Ovasının ortalama yüksekliği 82 m ve toplam alanı 112.350 hektardır. Çalışma alanından 2 x 2 km lik gritlerin kesişim noktalarından toplamda 179 yüzey toprağı (0-20 cm) örneklenmiştir. Örneklerde toprakta farklı jeokimyasal fraksiyonlarda bağlanmış (değişebilir ve çözünebilir, organik bağlı ya da adsorblanmış, karbonatlara bağlı, demir/mangan oksit bağlı ve artakalan) selenyum miktarları, "The Standart Measurements And Testing Programme (SM&T) metodu" ile Martens ve ark. (1997) tarafından geliştirilen ardışık ekstraksiyon metoduna göre HRC-AAS cihazının hidrür sistemi kullanılarak yapılmıştır. Toprakların genel özelliklerinin tanımlanabilmesi için amonyum asetat yöntemiyle değişebilir katyonlar, Walkley Black metoduyla organik madde, sodyum bikarbonat metoduyla fosfor, toprak-su süspansiyonunda pH ve EC, Scheibler kalsimetresiyle kireç ve Bouyocuos hidrometresiyle tekstür gibi rutin toprak özellikleri belirlenmiştir.

Topraklarda selenyumun Martens ve ark. (1997) tarafından önerilen metoda göre; değişebilir ve çözünebilir selenyum 19,3-134 µg/kg (Se^{4+}), 16,4-73,0 µg/kg (Se^{6+}), 27-145 µg/kg (Se^{2-}), organik maddeye bağlı ya da adsorblanmış selenyum 247-3591 µg/kg (Se^{2-}) ve artakalan selenyum 189-1226 µg/kg (Se^0) aralığında değiştiği bulunmuştur. SM&T metoduna göre; çözünebilir selenyum 13,3-82,7 µg/kg (Se^{4+}), 6,15-59,9 µg/kg (Se^{6+}), 10,1-91,2 µg/kg (Se^{2-}), değişebilir ve karbonatlara bağlı selenyum 9,04-32,9 µg/kg (Se^{4+}), 5,71-34,0 µg/kg (Se^{6+}), 30,8-166 µg/kg (Se^{2-}), demir/mangan oksitlere bağlı selenyum 17,1-611 µg/kg (Se^{4+}), organik maddeye bağlı selenyum 239-3000 µg/kg (Se^{2-}), artakalan selenyum 182-1025 µg/kg (Se^0) olarak bulunmuştur.

Her iki metodun ardışık ekstraksiyon basamaklarında gerçekleştirilmeye çalışılan yükseltgenme ve indirgenme işlemlerinin verimini hesaplamak için; farklı derişimlerde Se^{4+} , Se^{6+} ve Se^{2-} standartları kullanılarak geri kazanım çalışması yapılmıştır. Hazırlanan sentetik örneklerde % geri kazanımın; Se^{4+} için 95,60±1,22, Se^{6+} için 94,40±3,00 ve Se^{2-} için de 94,53±2,70 olduğu görülmüştür. Sertifikalı referans madde analizi ile uygulanan ardışık ekstraksiyon metodlarının geçerliliği test edilmiştir. BCR 176 kullanılan bu çalışmada % 95,8±0,03 verim elde edilmiştir.

Değişebilir katyonlar toplamının 53-140,9 mmol/kg, organik madde % 0,095-4 (w/w), fosfor 0,01-71,4 mg/kg (w/w), pH 7-8,9, elektriksel iletkenlik 78-1188 µS/m, kireç % 0-43,9 (w/w), kil % 0-58,8 (w/w), kum % 4,6-70,9 (w/w) ve silt % 15,6-88,8 (w/w) olarak bulunmuştur.

Elde edilen sonuçların SPSS programıyla istatistiksel olarak korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Toprakların toplam selenyum içeriğiyle fiziksel-kimyasal özellikleri arasında Martens ve ark. (1997) ve SM&T jeokimyasal fraksiyonlar

arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir. Toprakların selenyum konsantrasyonuyla DKT, OM ve EC arasında önemli ilişkiler olduğu tespit edilmiştir.

2014, 110 sayfa

Anahtar Kelimeler: Toprak özellikleri, selenyum analizi, amik ovası, ardışık ekstraksiyon metodu

ABSTRACT

DETERMINATION of SELENIUM and RELATIONS to PHYSICO – CHEMICAL PROPERTIES of SOIL SERIES in AG-LANDS of AMIK PLAIN, HATAY

Selenium has been proven by the studies conducted since 1957 as a trace element and is necessary for soils, plants, and animals. Amik Plain situating in the south of Turkey, within the boundaries of the province of Hatay, surrounded by the Amanos mountains in the West; Karasu in the North; Afrin valley in the east; and Asi valley and Keldağ protrusions in the South. It has an average of 82 m elevation and 112,350 hectares total area. In the study area, total of 179 surface soil samples were taken from the nodes of 2 x 2 km grid system. The amounts of selenium in different geochemical fractions (subject to change and soluble, organically bound or adsorbed, bound to carbonates, iron / manganese oxide bound and residual) were determined by sequential extraction methods of “The Measurements and Testing Standards Programme (SM&T)” and the method developed by Martens et al (1997) by means of HRC-AAS hydride system. Routine soil parameters such as the exchangeable cations by the ammonium acetate method, organic matter by the Walkley Black method, available phosphorus by sodium bicarbonate method, pH and EC in soil-water suspensions, lime equivalent by Scheibler calsimeter and texture analyzes by hydrometer were determined to describe soil samples.

Selenium in different geochemical fraction according to Martens et al. (1997) method were in the range of 19,3 to 134 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{4+}), 16,4 to 73,0 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{6+}), 27 to 145 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{2-}) in exchangeable and soluble fractions; 247-3591 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{2-}) in the soil organic matter; and 189 to 1226 $\mu\text{g/kg}$ (Se^0) the residual fraction. According to SM&T method, soluble selenium vary from 13,3 to 82,7 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{4+}), 6,15 to 59,9 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{6+}), 10,1 to 91,2 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{2-}), exchangeable and carbonate-bound selenium 9,04 to 32,9 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{4+}), 5,71 to 34,0 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{6+}), 30,8 to 166 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{2-}), iron/manganese oxide bound selenium 17,1 to 611 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{4+}), organic matter bound selenium 239 to 3000 $\mu\text{g/kg}$ (Se^{2-}) and residual selenium 182 to 1025 $\mu\text{g/kg}$ (Se^0) were founded.

To calculate the recovery rate of the redox reactions of each step in both sequential extraction methods, a series of experiments were carried out by using standards of different concentrations of the Se^{4+} , Se^{6+} and Se^{2-} . The recovery percentages of the prepared synthetic samples were found to be; Se^{4+} $95,60 \pm 1,22$, Se^{6+} $94,40 \pm 3,00$, and for Se^{2-} $94,53 \pm 2,70$. The sequential extraction methods were validated by using certified reference material (BCR 176) and % $95,8 \pm 0,03$ yield was obtained.

Total of NH_4 -acetate extractable cations 53-140,9 mmol/kg, organic matter %0,095-4 (w/w), phosphorus 0,01-71,4 mg/kg (w/w), pH 7-8,9, EC 78-1188 $\mu\text{S/m}$, lime equivalent %0-43,9 (w/w), clay %0-58,8 (w/w), sand %4,6-70,9 (w/w) and silt %15,6-88,8(w/w) were found.

The data were subjected to correlation and regression analysis with SPSS programme. Significant relations were determined between total selenium concentrations and soil physico-chemical properties and geochemical fractions

determined by Martens et al. (1997) and SM&T scheme. There were significant relation between soil selenium concentration and DKT, OM and EC parameters of soils.

2014, 110 pages

Keywords: Soil properties, selenium analysis, amikacin plain, sequential extraction method

TEŞEKKÜR

Yazdığım bu tezin ülkemize ve bilim camiasına katkı sunması dileğiyle...

Çalışmalarım boyunca her zaman bana yardımcı olan, tecrübesiyle yol gösteren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Şana SUNGUR' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimine başladığım ilk günden son güne kadar bilgi ve becerilerini benimle paylaşan Tez İzleme Komitesindeki değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Veli UYGUR ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Zeki AYDIN' a teşekkürlerimi sunarım.

Doktora projemi destekleyen Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne ve personeline teşekkür ederim.

Toprak örneklerimin alınması sırasında sundukları imkânlardan ötürü Hatay İl Tarım Müdürlüğü'ne ve personeline teşekkür ederim.

Analizlerim sırasında bana her türlü yardım ve desteklerini sunan MARGEM müdürlüğüne, başta Uzman Muhammet DEMİREL ve Uzman Selvin USTABAŞ olmak üzere tüm personellerine teşekkür ederim.

Analizlerimin yapım süresince yardımlarından dolayı Kimyager Fatih GÜLMEZ ve İnayet ÇELİKTAŞ' a, Ziraat Yüksek Mühendisi Adem ORAL' a, Ziraat Mühendisi Burhan DURGUN ve Burak DURGUN' a teşekkür ederim.

Tezin yazım sürecinde yardımlarını esirgemeyen, bilgilerini paylaşan hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Rıfat AKİŞ ile Sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin KARACA, Gülser ÇALIŞKAN, Uzman Tansel AYDOĞAN ve Uzman Serbay BUCAK' a teşekkür ederim.

Doktora süresince sürekli destek olan değerli dostlarım Yüksek Kimyager Yusuf KILBOZ, Yüksek Kimyager Muaz KÖROĞLU, Yüksek Kimyager Ramazan OKUR, Yüksek Kimyager İbrahim SÜRMELİOĞLU' na ve adını saymadığım herkese teşekkür ederim.

Maddi ve manevi tüm imkânlarıyla her zaman büyük bir sabırla yanımda olan anne ve babama, çok uzun, zor ve yorucu olan bu süreçte sürekli destek olan, ondan aldığım güçle doktora sürecini tamamladığım sevgili eşim Vildan ÖZKAN' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Toprak Tanımı.....	1
1.2. Toprağın Fiziksel Özellikleri.....	1
1.3. Toprağın Kimyasal Özellikleri	2
1.4. Selenyum ile İlgili Bilgiler	4
1.4.1. Selenyumun Özellikleri	4
1.4.2. Selenyumun Biyolojik Önemi ve Vücuttaki İşlevleri.....	4
1.4.3. Selenyum Fazlalığı ve Buna Bağlı Hastalıklar	5
1.4.4. Selenyum Eksikliği ve Buna Bağlı Hastalıklar.....	6
1.5. Selenyum Tayin Yöntemleri.....	7
1.5.1. Selenyumun Kantitatif Tayini.....	7
1.5.1.1. Selenyumun Gravimetrik Tayini.....	7
1.5.1.2. Selenyumun Titrimetrik Tayini.....	8
1.5.1.3. Selenyumun Elektrokimyasal Tayini	9
1.5.1.4. Selenyumun Spektroskopik Tayini	10
1.5.2. Selenyumun Kalitatif Tayini.....	11
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	14
2.1. Topraklarda Selenyum Belirlenmesi	14
2.2. Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi ve Yersel Değişkenliği	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1. Hatay İli ve Amik Ovasının (Çalışma Alanı) Özellikleri.....	29
3.2. Toprak Örneklerinin Alınması	29
3.3. Toprak Analizlerinde Kullanılan Kimyasallar	32
3.4. Toprak Analizlerinde Kullanılan Çözeltiler	33

3.5. Toprak Analizlerinde Kullanılan Cihazlar	35
3.6. Toprak Analizleri	35
3.6.1. Toprak Örneklerinde Selenyum Analizleri:.....	36
3.6.1.1. Ardışık Ekstraksiyon Metodu	36
3.6.1.2. SM&T Ardışık Ekstraksiyon Metodu	38
3.6.2. pH Tayini	40
3.6.3. İletkenlik Tayini.....	40
3.6.4. Karbonat Tayini	41
3.6.5. Değişebilir K, Na, Mg ve Ca Tayini	41
3.6.6. Toprak Örneklerinde Fosfor Tayini	42
3.6.7. Toprak Örneklerinde Organik Madde Miktarının Analizi.....	42
3.6.8. Toprak Tekstürü.....	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	44
4.1. Ölçüm Şartlarının Optimizasyonu	44
4.1.1. NaBH ₄ Derişimin Belirlenmesi	44
4.1.2. NaOH Derişimin Belirlenmesi.....	44
4.1.3. HCl Derişiminin Belirlenmesi	45
4.2. HRC-AAS Cihazının Kalibrasyon Grafiğinin Oluşturulması	45
4.3. HRC-AAS Cihazının Se (IV) için Gözlenebilme Sınırı (LOD) ve Tayin Sınırının (LOQ) Belirlenmesi	46
4.4. Metodun Doğruluğunun Araştırılması	46
4.5. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	49
4.5.1. Değişebilir Katyonlar (Na, K, Ca, Mg) Toplamı (DKT)	50
4.5.2. Organik Madde (OM)	52
4.5.3. Yarıyışlı Fosfor (P)	54
4.5.4. Toprak Tepkimesi (pH)	56
4.5.5. Elektriksel İletkenlik (EC)	58
4.5.6. Kireç (CaCO ₃) İçeriği	60
4.5.7. Tekstür (Kil-Kum-Silt Oranı)	62
4.5.8. Toplam Selenyum (Martens ve Ark.) İçeriği.....	68
4.5.9. Selenyum (SM&T) İçerği	69
4.6. Ardışık Ekstraksiyon ve Türlleme Sonucu Elde Edilen Selenyum Sonuçları.....	71
4.6.1. Martens ve Arkadaşlarına ait Ekstraksiyon Yöntemi Sonuçları	71
4.6.1.1. Basamak 1 (Fosfat Tamponu Ekstraksiyonu) (Değişebilir ve Çözünebilir Selenyum).....	72

4.6.1.2. Basamak 2 (Persülfat Oksidasyonu) (Organik Maddeye Bağlı ya da Adsorblanmış Se^{2-} Fraksiyonu).....	73
4.6.1.3. Basamak 3 (Nitrik Asit Oksidasyonu) (Artakalan Selenyum (Se^0) Fraksiyonu).....	74
4.6.2. The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) Ekstraksiyon Yöntemi Sonuçları.....	74
4.6.2.1. Basamak 1 (Çözünabilir Selenyum) (Se^{4+} , Se^{6+} ve Se^{2-}).....	75
4.6.2.2. Basamak 2 (Değişebilir ve Karbonatlara Bağlı Selenyum) (Se^{4+} , Se^{6+} ve Se^{2-}).....	76
4.6.2.3. Basamak 3 (Demir/Mangan Oksitlere Bağlı Selenyum) (Se^{4+})	77
4.6.2.4. Basamak 4 (Organik Maddeye Bağlı ve Elementel Selenyum) (Se^{2-})	78
4.6.2.5. Basamak 5 (Artakalan Selenyum) (Se^0).....	78
4.7. Sonuçların İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi (SPSS Programına Göre Korelasyon İlişkisi)	79
4.7.1. Martens ve Arkadaşları Tarafından Geliştirilen Metoda Göre Elde Edilen Toplam Selenyum ile Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon.....	79
4.7.2. The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) Metoduna Göre Elde Edilen Toplam Selenyum ile Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon	82
4.7.3. Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon Tablosu	85
4.8. Sonuçların İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi (SPSS Programına Göre Regresyon İlişkisi).....	95
4.8.1. Martens ve Arkadaşları Tarafından Geliştirilen Metoda Göre Elde Edilen Toplam Selenyum ile Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Regresyon.....	95
4.8.2. The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) Metoduna Göre Elde Edilen Toplam Selenyum ile Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Regresyon	96
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	98
6. KAYNAKLAR	103
ÖZGEÇMİŞ.....	110

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Toprak örneklerinin alındığı ovanın sınır görüntüsü	30
Şekil 3.2. Toprak örneklerinin alındığı noktalar ve kodları	31
Şekil 4.1. HRC-AAS cihazının kalibrasyon grafiği	46
Şekil 4.2. DKT frekans dağılım grafiği.....	50
Şekil 4.3. DKT' nin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası	51
Şekil 4.4. DKT' nin 3 boyutlu dağılım haritası.....	51
Şekil 4.5. OM miktarının frekans dağılım grafiği.....	52
Şekil 4.6. OM miktarının koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası.....	53
Şekil 4.7. OM miktarının 3 boyutlu dağılım haritası	53
Şekil 4.8. Fosfor miktarının frekans dağılım grafiği.....	54
Şekil 4.9. Fosfor miktarının koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası.....	55
Şekil 4.10. Fosfor miktarının 3 boyutlu dağılım haritası	55
Şekil 4.11. pH miktarının frekans dağılım grafiği	56
Şekil 4.12. pH' ın koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası.....	57
Şekil 4.13. pH' ın 3 boyutlu dağılım haritası	57
Şekil 4.14. EC nin frekans dağılım grafiği.....	58
Şekil 4.15. EC' nin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası	59
Şekil 4.16. EC' nin 3 boyutlu dağılım grafiği.....	59
Şekil 4.17. Kireç içeriğinin frekans dağılım grafiği.....	60
Şekil 4.18. Kireç içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası.....	61
Şekil 4.19. Kireç içeriğinin 3 boyutlu dağılım haritası	61
Şekil 4.20. Kil içeriğinin frekans dağılım grafiği	62
Şekil 4.21. Kil içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası	63
Şekil 4.22. Kil miktarının 3 boyutlu dağılım haritası.....	63
Şekil 4.23. Kum içeriğinin frekans dağılım grafiği.....	64
Şekil 4.24. Kum içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası	65
Şekil 4.25. Kum miktarının 3 boyutlu dağılım haritası.....	65
Şekil 4.26. Silt içeriğinin frekans dağılım grafiği.....	66
Şekil 4.27. Silt içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası	67
Şekil 4.28. Silt miktarının 3 boyutlu dağılım haritası	67
Şekil 4.29. Toplam Se (Martens ve ark.) içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası.....	68
Şekil 4.30. Toplam Se (Martens ve Ark.) miktarının 3 boyutlu dağılım haritası	68
Şekil 4.31. Toplam Se (SM &T) içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası.....	69
Şekil 4.32. Toplam Se (SM &T) miktarının 3 boyutlu dağılım haritası	69
Şekil 4.33. Toplam Se (Martens ve ark.) içeriğinin frekans dağılım grafiği	70
Şekil 4.34. Toplam Se (SM&T) içeriğinin frekans dağılım grafiği	70
Şekil 4.35. 1.Basamaktaki Se^{4+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	72
Şekil 4.36. 1.Basamaktaki Se^{6+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	72
Şekil 4.37. 1.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	72
Şekil 4.38. 2.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	73
Şekil 4.39. 3.Basamaktaki Se^0 türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	74
Şekil 4.40. 1.Basamaktaki Se^{4+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	75

Şekil 4.41. 1.Basamaktaki Se^{6+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	75
Şekil 4.42. 1.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	75
Şekil 4.43. 2.Basamaktaki Se^{4+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	76
Şekil 4.44. 2.Basamaktaki Se^{6+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	76
Şekil 4.45. 2.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	77
Şekil 4.46. 3.Basamaktaki Se^{4+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	77
Şekil 4.47. 4.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	78
Şekil 4.48. 5.Basamaktaki Se^0 türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Toprak analizlerinde kullanılan kimyasallar.....	32
Çizelge 3.2. Toprak analizlerinde kullanılan çözeltiler	33
Çizelge 3.2. (Devam) Toprak analizlerinde kullanılan çözeltiler	34
Çizelge 3.3. Toprak analizlerinde kullanılan cihazlar.....	35
Çizelge 4.1. NaBH ₄ derişimin belirlenmesine yönelik deneme sonuçları	44
Çizelge 4.2. NaOH derişimin belirlenmesine yönelik deneme sonuçları	45
Çizelge 4.3. HCl derişimin belirlenmesine yönelik deneme sonuçları	45
Çizelge 4.4. Se ⁴⁺ standardı ile geri kazanım oranının belirlenmesine yönelik deneme sonuçları	47
Çizelge 4.5. Se ⁶⁺ standardı ile geri kazanım oranının belirlenmesine yönelik deneme sonuçları	47
Çizelge 4.6. Se ²⁻ standardı ile geri kazanım oranının belirlenmesine yönelik deneme sonuçları	48
Çizelge 4.7. Toprak analizlerinin değerdendirilmesinde kullanılan sınır değerdler (Lindsay ve Norwell, 1969).....	49
Çizelge 4.8. Selenyum ile değışebilir katyonlar toplamı arasındaki korelasyon	79
Çizelge 4.9. Selenyum ile organik madde arasındaki korelasyon.....	79
Çizelge 4.10. Selenyum ile fosfor arasındaki korelasyon	80
Çizelge 4.11. Selenyum ile asitlik derecesi (pH) arasındaki korelasyon	80
Çizelge 4.12. Selenyum ile elektriksel iletkenlik (EC) arasındaki korelasyon	80
Çizelge 4.13. Selenyum ile kireç (CaCO ₃) arasındaki korelasyon.....	81
Çizelge 4.14. Selenyum ile kil arasındaki korelasyon	81
Çizelge 4.15. Selenyum ile kum arasındaki korelasyon	81
Çizelge 4.16. Selenyum ile kil arasındaki korelasyon	81
Çizelge 4.17. Selenyum ile değışebilir katyonlar toplamı arasındaki korelasyon	82
Çizelge 4.18. Selenyum ile organik madde arasındaki korelasyon.....	82
Çizelge 4.19. Selenyum ile fosfor arasındaki korelasyon	82
Çizelge 4.20. Selenyum ile asitlik derecesi (pH) arasındaki korelasyon	83
Çizelge 4.21. Selenyum ile elektriksel iletkenlik (EC) arasındaki korelasyon	83
Çizelge 4.22. Selenyum ile kireç (CaCO ₃) arasındaki korelasyon.....	83
Çizelge 4.23. Selenyum ile kil arasındaki korelasyon	84
Çizelge 4.24. Selenyum ile kum arasındaki korelasyon	84
Çizelge 4.25. Selenyum ile silt arasındaki korelasyon.....	84
Çizelge 4.26. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon	85
Çizelge 4.27. Değışebilir katyonlar toplamı (DKT) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon	86
Çizelge 4.28. Organik madde miktarı (OM) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon	87
Çizelge 4.29. Fosfor (P) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon.....	88
Çizelge 4.30. Asitlik derecesi (pH) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon	89
Çizelge 4.31. Elektriksel iletkenlik (EC) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon	90

Çizelge 4.32. Kireç (CaCO_3) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon	91
Çizelge 4.33. Kil ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon.....	92
Çizelge 4.34. Kum ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon.....	93
Çizelge 4.35. Silt ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon.....	94
Çizelge 4.36. Toplam selenyum (Martens ve Ark.) miktarı ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki regresyon ilişkisi.....	96
Çizelge 4.37. Toplam selenyum (SM&T) miktarı ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki regresyon ilişkisi	97
Çizelge 5.1. Toprakların tuzluluk sınıflandırma sınır değerleri (Lindsay ve Norwell, 1969).....	100

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

HRC-AAS	: Sürekli Işın Kaynaklı Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
HG-AAS	: Hidrür Sistemli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
ICP	: İndüktif Eşleşmiş Plazma
MS	: Kütle Spektroskopisi
MP-AES	: Mikro Dalga Plazmalı Atomik Emisyon Spektroskopisi
UV-VİS	: Ultraviyole Visible Spektrometre
EC	: Elektriksel İletkenlik
pH	: Asitlik/Bazlık Derecesi
KDK	: Katyon Değişim Kapasitesi
DKT	: Değişebilir Katyonların Toplamı
OM	: Organik Madde
LOD	: Gözlenebilme Sınırı
LOQ	: Tayin Sınırı
SPSS	: Sosyal Bilimler İstatistik Programı
SM&T	: Standart Ölçüm ve Test Programı
HKT	: Hava Kuru Toprak
FKT	: Fırın Kuru Toprak

1. GİRİŞ

1.1. Toprak Tanımı

Toprak yeryüzünü birkaç milimetre ile birkaç metre arasında örten, çeşitli kayaçların ve organik materyalin ayrışmasıyla oluşan, içinde ve üstünde geniş bir canlılar alemi bulunduran, karasal bitkilere durak yeri ve besin kaynağı olan, içinde belli oranda su ve havayı içeren, yaşayan organizmaların, topografyanın, yeryüzünün karasallaşma süreci içinde farklı zaman dilimlerinde karşılıklı etkileri sonucu ortaya çıkan ve çoğu kez birbirinden farklı katmanlardan kurulu canlı, dinamik ve üç boyutlu bir ortamdır (Bakırcıoğlu, D. 2009).

Toprak, bir anabilim dalına konu teşkil eden ve üzerinde dikkatle durulması gereken önemli ve karmaşık bir maddedir. Dünyamızda hayatın devam edebilmesi toprağa bağlıdır. Toprak-insan ilişkileri göze alındığında, toprak tanımı kişilere göre değişmekte, farklı gözlemlerle tanımlamalar yapılmaktadır. Bir ziraat mühendisinin, bir çiftçinin, bir memurun hatta bir çocuğun gözünde toprak farklı görülebilmektedir. Bir yer bilimciye göre toprak “katı arz kabuğunun en üst kısmını oluşturan gevşek tabaka” olarak tanımlanırken, bir toprak bilimci “bitkilerin durak yeri olan, besin maddesi ve diğer gelişme koşullarını sağlayan, iklim ve canlı organizmaların etkisi ile kayaların aşınması sonucu meydana gelen doğal ürün” ve bir ziraatçı ise toprağı “bitki yaşamını sağlamak için mineral ve organik maddelerin karışımı” olarak tanımlamaktadır. Bir kimyacı gözüyle de toprak, karmaşık yapıda organik ve anorganik bileşikleri içeren madde olarak görülmektedir (Kılıçel, F. 1996).

1.2. Toprağın Fiziksel Özellikleri

Toprağın fiziksel özellikleri; toprağın sahip olduğu tekstür, profil, yapı ve kolloidlerden ibarettir (Methods of Soil Analysis Books, 1996).

Toprağı oluşturan en önemli parçacıklar silt, kum ve kildir. Birbirinden farklı büyüklüklerde olan kum, silt ve kilin topraktaki miktarı toprağın tekstürünü (bünyesini) oluşturur.

Toprağı kazarak yukarıdan aşağı doğru bir kesit alırsak, derinlere doğru toprak yapısının ve renginin değiştiğini görürüz. Bu renk ve yapı değişiminin nedeni toprağın birçok katmandan oluşmasıdır. Dikine alınan toprak kesitine toprak profili denir.

Bir toprak kitlesinde toprak taneciklerinin gruplaşma şekline toprağın yapısı denir. Toprağın yapısı; nem oranını, mikroorganizmaların faaliyetlerini, ısı iletimini, havalanmayı etkileyerek bitkinin gelişimini yönlendirir.

Toprakta bulunan ve gübreleme yolu ile toprağa verilen besin maddelerini, toprakta yıkanmadan saklayan ve depolayan kil minerallerine ve organik maddelere toprak kolloidleri denir (Kantarcı 1987).

1.3. Toprağın Kimyasal Özellikleri

Toprağın kimyasal özelliği genel olarak; asitlik derecesi (toprak reaksiyonu), tuz içeriği, katyon değişimi ve toprakta bulunan mineral besin elementleri ile ifade edilebilir (Methods of Soil Analysis Books, 1996).

Genel olarak asitlik derecesi pH ile ölçülür. Bitki gelişimini ve mikroorganizmaların faaliyetini önemli derecede belirleyen toprak reaksiyonu genel olarak 3 grupta incelenebilir: Asit reaksiyonlu topraklar ($pH < 7$), nötr topraklar ($pH = 7$) ve bazik (alkali) topraklar ($pH > 7$).

Tuzluluk; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde, toprak profilinde biriken tuzların su rejimindeki değişime bağlı olarak ya da tuz konsantrasyonu yüksek taban sularının buharlaşma ve kapilerite ile yüzeyde birikmesi sonucu oluşan bir olaydır.

Katyon Değişim Kapasitesi (KDK); toprak kolloidleri tarafından toprak çözeltisi ile değiştirilebilir şekilde tutulan katyon miktarına denir.

Toprakların kimyasal özellikleri denilince akla gelen diğer bir önemli kavram da mineral (besin) elementleridir. Tarımda istenilen miktar ve kalitede ürünün elde edilmesinin ilk şartı toprakların verimliliklerinin artırılmasıdır. Toprak verimliliğini arttırmada en önemli etkenlerden biri ise bitki besin elementleridir. Besin elementleri bitki gelişiminin önemli bir parçası olup bir veya daha fazlasının noksanlığı verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Topraklardan en uygun verimi alabilmek için ise dengeli gübreleme yapmak ve bitki besin elementlerinin noksanlıklarını gidermek şarttır. Mineral elementler; makro ve mikro (eser) besin elementleri olarak iki gruba ayrılır. Makro besin elementleri; karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), fosfor (P), kükürt (S), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg)'dur. Mikro (eser)

elementler; derişimi 100 µg/g ‘ın altında olan elementlerdir. Eser elementler; demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu), çinko (Zn), selenyum (Se), molibden (Mo), bor (B) v.b. (Kacar, 2013). Eser elementlerin tüm canlı organizmaların gelişimi üzerine önemli etkileri vardır. Diğer taraftan kadmiyum, civa, kurşun gibi toksisitesi bilinen eser elementler olduğu gibi demir, bakır, çinko, selenyum gibi canlı organizmanın sağlıklı gelişmesinde gerekli olan eser elementlerin de olduğu bilinmektedir (Kabata, 2007).

Eser elementlerin, faydalı ve zehirli düzeyleri arasında oldukça dar bir derişim aralığı vardır. Normal vücut fonksiyonu için gerekli olan eser bir element, daha yüksek derişimlerde oldukça zehirli olabilir. Bir elementin yükseltgenme basamağındaki değişme, onun biyolojik etkinliği ve zehirliliği üzerinde çok büyük öneme sahip olabilir. Bu yüzden bulundukları ortamda elementlerin kimyasal yapıları kadar onların yükseltgenme basamaklarının tayini de türleme çalışmalarının önemli bir bölümünü oluşturur. Sağlık tehlikesi, zehirliliği ve biyolojik aktivitesinin değerlendirilmesi, toplam element derişiminden daha çok özel kimyasal şeklinin derişimine bağlı olduğu için kimyasal türleme işlemleri oldukça önemlidir. Toplam konsantrasyon eser elementlerin zehirliliği hakkında fazla bilgi vermez. Bu yüzden son yıllarda türlendirme çalışmaları giderek önem kazanmaktadır (Karabaş, 2011).

Bir elementin bulunduğu ortamdaki fizikokimyasal formunun veya formlarının ayrı ayrı tayinine genel olarak “türleme” denir. Amaca göre bir elementin toprakta bulunuş formlarının bilinmesi gerekir. Özellikle bazı elementlerin canlılardaki biyolojik gerekliliklerinin yanı sıra yüksek olmaları durumunda zehirli etki göstermeleri türleme çalışmalarını öne çıkarmaktadır. Bu tip elementlerin her bir kimyasal formunun derişimi çoğu örnekte mg/L düzeylerinde veya daha düşüktür. Bu durumda bu elementlerin tayininden önce yüksek seçimliliğe sahip deriştirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Bakırcıoğlu, 2009).

Selenyumun canlılar için gerekli bir eser element olduğu 1957 yılında yapılan bir çalışma ile ortaya konmuştur (Schwarz ve Foltz, 1957). Selenyumun farklı fizikokimyasal türleri, çeşitli biyokimyasal dönüşümler (toprak, bitki, hayvan ve insan döngüsü içerisinde) ile mikrobesein olarak insan tarafından kolaylıkla alınır (Karabaş, 2011).

1.4. Selenyum ile İlgili Bilgiler

1.4.1. Selenyumun Özellikleri

Selenyum ilk olarak 1817 yılında Jons Jacob Berzelius tarafından keşfedilmiştir. Berzelius, bakır piritlerini ateşle kızdırdığında kırmızı tozlar oluştuğunu görmüş ve bunun yeni bir element olduğunu tanımlamıştır. Bu elemente Yunanca “ay” anlamına gelen “selene” adı verilmiştir. Selenyum, magma ve volkanik gazların bileşiminde bazı nadir bulunan minerallerle (örneğin Cu_2Se Berzeliannite, PbSe Lerbaite, Hg Tiemanite gibi) bakır piritlerinde ve kükürt filizlerinde safsızlık olarak bulunur (İnam, 1997).

Periyodik Çizelgenin VIA grubunda yer alan selenyumun atom kütlesi 78,96 g/mol, atom numarası 34, oda koşullarında gri renkli katı, erime sıcaklığı 221 °C, kaynama sıcaklığı 685 °C, yoğunluğu 4,819 g/cm³ ve molar hacmi 16,42 mL/mol'dür. P blok elementi olan selenyum yarı metalik özellik göstermektedir (Anke ve ark., 2004).

Selenyum doğada dört temel oksidasyon basamağında bulunur. Bunlar; elementel selenyum (0), selenür (2-), selenit (4+) ve selenat (6+)'tır. Canlılar için en önemli selenyum kaynağı olan toprakta, daha çok selenit ve selenat formları halinde bulunan (Barceloux, 1999) selenyumun bu kimyasal formları (Se (4+) ve Se (6+)) farklı toksisiteye sahip olduğundan, ayrı ayrı tayin edilmelidir (Karabaş, 2011).

1.4.2. Selenyumun Biyolojik Önemi ve Vücuttaki İşlevleri

Vücut için yaşamsal önemi olan selenyum, aynı zamanda güçlü bir antioksidandır (Kendüzler, 2003).

Selenyum proteininin yapısında bulunarak purin ve pirimidin bazlarına bağlandığı için RNA'da, yağ asitleri metabolizmasında ve bağışıklık sisteminde önemli rol oynar. Ezimlerin yapısında bulunup çoklu doymamış yağ asitlerinin yükseltgen etkisiyle parçalanmasını önleyerek hidroperoksitleri-lipoperoksitleri etkisizleştirir (Çetin ve ark., 2002). Ayrıca selenyumun yeterli olmaması durumunda glutatyon peroksidaz enziminin de yetersizliği ile serbest radikallerin zararlı etkileri önlenememekte, hücrelerin yapı bütünlüğü bozulmakta ve metabolik işlevler tam olarak gerçekleşmemektedir (Lim ve ark., 2005).

Selenyum kanser ve kalp hastalıklarından korunmada yaygın olarak kullanılmaktadır (Muniz-Naveiro ve ark., 2005). Bağışıklık sistemini güçlendirmek ve deri sağlığını arttırmak amacıyla da kullanılmaktadır (Rayman, 2000). Keshan hastalığı olarak tanımlanan bir kalp damar hastalığı üzerinde de oldukça etkilidir (O'Brien ve ark., 2003). Cinsel güce olan etkisi ve tiroid bezinin az salgı yaptığı durumlarda T3 hormonu oluşumunda rol oynaması nedeniyle de önemli bir elementtir (Rayman, 2002).

Selenyumun bir diğer özelliği de toksik ağır metallerin etkisini yok etmesidir. Deniz ürünlerinde civa ve civanın metil esteri selenyumla birlikte bulunur. Her ne kadar mekanizması tam olarak bilinmese de kadmiyum ve civanın toksik etkisini önlediği saptanmıştır (O'Brien ve ark., 2003).

Selenyum, toprak, bitki ve hayvanlar için oldukça önemli olan bir eser elementtir. Selenyum, spermatozoanın özel bir proteininin yapısında bulunur ve purin ve pirimidin bazlarına bağlanabildiği için RNA'da işlevi vardır. Selenyum ayrıca, prostaglandin sentezinde, elzem yağ asitleri metabolizmasında rol oynar ve bağışıklık mekanizmasında önemlidir (Çetin ve ark., 2002).

1.4.3. Selenyum Fazlalığı ve Buna Bağlı Hastalıklar

Selenyum her ne kadar insan beslenmesinde gerekli kabul edilse de, miligram seviyelerindeki yüksek dozları toksik etkiye sahiptir. ABD'de yapılan bir araştırmada haftada 30 mg'dan fazla selenyum tüketen insanlarda zehirlenme, yorgunluk, nefesin sarımsak kokması, bulantı, kusma, ishal, saç dökülmesi ve tırnaklarda şekil bozukluğu gibi belirtilerin ortaya çıktığı saptanmıştır (Şimşek ve ark., 2004).

Selenyumun çoğu kimyasal bileşiği toksik değildir. Toksisitesi, selenyumun kimyasal yapısı ve alınan miktarı yanında yaş, fiziksel yapı gibi diğer faktörler ile de ilişkilidir. Ağız yolu ile doğrudan alınan asidik selenyum (selenöz asit), sersemlik hissi verir, tansiyonu düşürür, solunumu yavaşlatır ve sonuçta ölüme neden olur. Selenyum sülfid hayvanlar için toksik, dimetil selenit ise insanlar için kanserojen etkiye sahiptir (Karabaş,2011).

Son zamanlarda selenyum zehirlenmesinin, glutatyon ile selenotrisülfidlerin karşılıklı etkileşmesi sonucu toksik süper oksit ve hidrojen peroksite dönüşmesi ile oluşabileceği belirtilmektedir (Barceloux, 1999).

1.4.4. Selenyum Eksikliği ve Buna Bağlı Hastalıklar

Son yıllarda yapılan araştırmalar, insan vücudunda çok önemli işlevlere sahip ve bazı hastalıkların önlenmesinde etkili olan selenyumun mutlaka yeterince alınması gerektiğini göstermektedir. Selenyum eksikliğine bağlı olarak bireylerde kretenizm yanında algılama ve konuşma bozukluğu, anormal yürüyüş, el becerisinde azalma, denge bozuklukları da görülebilmektedir. Selenyum eksikliğinde görülen diğer önemli hastalıklar epilepsi (Sara) ve Down sendromudur (Karabaş, 2011).

Çin’de yaygın olarak görülen bir kalp kası hastalığı olan keshan hastalığı, selenyum eksikliği ile ortaya çıkmaktadır. Selenyum eksikliğine bağlı olarak görülen bir diğer hastalıkta, genellikle 5-13 yaş grubu çocuklarda görülen Kashin-Beck hastalığıdır. Selenyum eksikliği belirtileri, tırnaklarda beyazlaşma, deri ve saçlarda renk kaybı, kas ağrıları ve kas zafiyetidir (Şimşek ve ark., 2004, Barceloux, 1999).

Selenyumun; üreme ve sperma hareketliliği için gerekli olduğu, çocuk düşürme riskini azalttığı, kandaki immunoglobulinleri artırarak bağışıklık sistemini kuvvetlendirdiği, çağımızın vebası olarak bilinen AIDS’i, yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıkan kataraktı ve bazı virüslerin (grip) toksisitesini önlediği bildirilmektedir (Aydın, 1997).

Selenyumun ayrıca birçok kanser tipini, kan pıhtılaşmasını, hipertansiyonu, kalp hastalıklarını, romatizmal ağrıları, guatrı, astımı, şeker hastalığını ve eklem kireçlenmelerini önlediği saptanmıştır (Reilly, 1998; Barceloux, 1999; Rayman, 2000).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, deri, akciğer ve prostat kanserleri ile kronik hastalıkların önlenmesinde, mutajenik değişimlere ve yaşlanmalara karşı selenyumun antioksidan özellikleri araştırılmaktadır (Şimşek ve ark., 2004; Alaejos ve ark., 2000).

Genel olarak besin elementlerinde olduğu gibi, selenyumun da belirli miktarlardan fazla alındığında, sağlık üzerinde olumsuz etki yaptığı ve vücutta birikim yaparak zehirlenmelere yol açtığı bilinmektedir. Selenyum düşük miktarı organizma için gerekli, yüksek miktarı zehirli olduğu için bu elementin çevre örneklerinde tayini çok önemlidir.

1.5. Selenyum Tayin Yöntemleri

1.5.1. Selenyumun Kantitatif Tayini

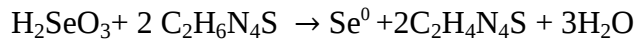
Selenyumun kantitatif tayini genelde organik reaktiflerle selenyum bileşiklerinin oluşturulmasına dayanır. Bunlardan en bilinenleri aromatik ortodiaminlerin selenyum ile verdikleri bileşiklerin fotometrik, florometrik veya gravimetrik olarak tayin edilmesidir. Aromatik ortodiaminler kullanılan diğer reaktiflere göre daha seçici, duyarlı ve doğru sonuçlar vermektedirler. Bunlardan 3,3'-diaminonaftalin, 2,3-diaminonaftalin ve o-fenilendiamin selenyum tayininde geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Selenyumun kantitatif tayini:

- 1- Gravimetrik
- 2- Titrimetrik
- 3- Elektrokimyasal
- 4- Spektroskopik metotlarla yapılabilmektedir.

1.5.1.1. Selenyumun Gravimetrik Tayini

Selenyumun gravimetrik tayinlerinde inorganik indirgeyici maddeler selenyumun indirgenmesinde kullanılırlar. Bu indirgeyici maddeler başlıca kükürt dioksit, hidrazin, hidroksilamin, sodyum hipofosfit ve kalay (II) klorürdür (Karabaş, 2011).

İndirgeyici olarak SO₂ kullanıldığında, HCl (8,8 mol/L) ortamında selenit ve selenat, selenyuma indirgenerek çökmektedir. Selenyum Fe²⁺, Sn²⁺, Cr²⁺ ve V²⁺ gibi reaktiflerle de indirgenerek tayin edilebilmektedir. Aynı zamanda, organik indirgeyiciler de selenyumun nicel tayininde kullanılmaktadır. 3,5 M HCl ortamında (40 °C) selenit, 1-amidino-2-tiyöüre tarafından elementel selenyuma indirgenerek tayin edilebilmektedir (Tanaka ve ark., 1972).



Selenyum elektrogravimetrik olarak da Cu-Pt elektrot çifti kullanılarak tayin edilebilmektedir. Bu yöntem H₂SeO₃ ve Cu²⁺'nın bakır metali tarafından Cu₂Se'ne indirgenmesine dayanmaktadır. Bu bileşiğin tartılmasıyla selenyum tayini

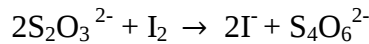
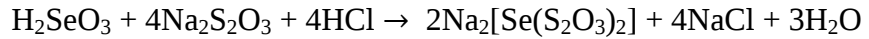
yapılabilmekte ve ticari SeO_2 'deki selenyum miktarı belirlenebilmektedir (Trifonov ve ark., 1972). Gravimetrik yöntemler yüksek derişimdeki selenyum tayini için kullanılabilir (Karabaş, 2011).

1.5.1.2. Selenyumun Titrimetrik Tayini

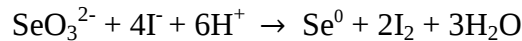
Birçok titrasyon yöntemi yükseltgenme-indirgenme tepkimesine dayanmaktadır. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, I^- , Fe^{2+} , Cr^{2+} , Ti^{3+} tuzları selenyum titrasyonunda indirgen olarak kullanılmaktadır. Se (4+)'ün yükseltgenmesi için ise KMnO_4 ve K_2CrO_7 gibi yükseltgenler kullanılmaktadır. Selenyumun yükseltgenme-indirgenme titrasyonu 4 grupta sınıflandırılabilir (Karabaş,2011).

- 1- Se (4+)'ün elementel selenyuma indirgenmesi
- 2- Elementel selenyumun Se (4+)'e yükseltgenmesi
- 3- Se (4+)'ün Se (6+)'ya yükseltgenmesi
- 4- Se (6+)'nın Se (4+)'e indirgenmesi

Selenyumun tiyosülfatla titrimetrik tayininde selenöz asit zayıf asidik ortamda indirgenmektedir ve tiyosülfatın aşırısı iyot ile geri titre edilmektedir (Barabas ve Cooper, 1956).

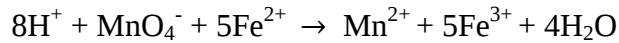
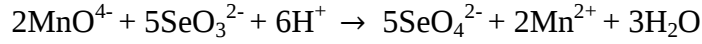


Selenyumun iyodometrik tayininde, selenitin ve selenatın iyodür ile indirgenmesinin ardından açığa çıkan iyodun tiyosülfat ile titre edilmesi ile tayin edilir. Se^{4+} veya Se^{6+} potasyum iyodür tarafından elementel selenyuma indirgenir ve açığa çıkan iyot tiyosülfat ile titre edilir (Barabas ve Cooper, 1956).



Permanganat yükseltgenmesiyle yapılan selenyum tayinde elementel selenyum veya Se^{4+} aşırı KMnO_4 ile muamele edilir ve artan permanganat Fe^{2+} ile geri titre edilir.

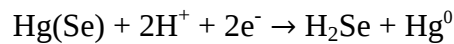
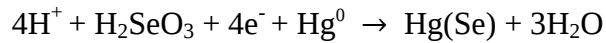
Ancak burada selenitin yükseltgenme tepkimesi oldukça yavaş olduğundan çözeltinin su banyosunda ısıtılması gerekmektedir. Bu işlem KMnO_4 'ın termal bozulması sonucu MnO_2 'in çökmesi, ortama Na_2HPO_4 ilave edilerek önlenmiş olur (Barabas ve Cooper, 1956).



1.5.1.3. Selenyumun Elektrokimyasal Tayini

Elektro analitik çalışmalar analiz edilecek maddenin elektrokimyasal özelliklerinden faydalanılarak yapılır. Bunlardan birincisinde, analiz edilecek türün derişimi ile çözeltideki elektriksel değişkenler arasındaki bağıntıdan yararlanılır. Örneğin, elektroaktif türün derişimi ile akımın, potansiyelin, direncin, elektriksel yükün değişiminden nicel tayinler yapılabilir. İkincisinde, tayin edilecek olan türün titrasyonu sonucunda dönüm noktasındaki elektriksel değişimlerden yararlanılarak tayin yapılabilir. Üçüncüsünde ise uygulanan elektrik akımı, analiz edilecek olan türün elektrot yüzeyinde birikmesini sağlar ve gravimetrik olarak tayin yapılır.

Selenyumun polarografik yöntemlerle tayini için birçok araştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar selenyumun asidik ortamda bazik ortama göre daha duyarlı polarografik dalgalar veya pikler verdiğini göstermektedir. Asidik çözeltelerde Se^{4+} iki basamakta indirgenmektedir. Bunlardan birincisi selenitin elementel selenyuma indirgenmesi, ikincisi ise selenyumun selenüre indirgenmesidir (Karabaş, 2011).



Se^{4+} ün H_2SO_4 , HCl veya HClO_4 ortamında damlayan civa elektrotu üzerindeki indirgenme yarı dalga potansiyelleri, ortamın asitliği arttıkça pozitif potansiyellere kaymakta, başka bir deyişle indirgenme kolaylaşmaktadır.

Selenyumun puls-polarografik tayininin selenosülfat şeklinde yapılmasıyla 5.108 mol/L'ye kadar selenyum tayini mümkün olmuştur. Se^{4+} ün tayini 3,3-diaminobenzidin ile verdiği piyazselenol polarografik dalgası kullanılarak da yapılmıştır. Burada, kompleks benzen ile özütlenmiş ve özütte polarografik tayin yapılmıştır (Karabaş, 2011).

Hasdemir ve Somer (1990), polarografik yöntemle anot çamurunda Se tayini yapmışlardır. Bu amaçla bazı destek elektrolit çözeltileri denenerek anot çamurunda bulunan bazı elementlerin selenyum tayinine girişim etkisinden dolayı dolaylı bir tayin yöntemi önermişlerdir. HClO_4 çözeltisinde (pH=2-3) Cu ve Se' un polarografik dalgaları örtüştüğünden, bu dalganın toplam difüzyon akımı ölçülmüş, Cu tayini amonyak tamponunda (pH=8-9) yapılarak difüzyon akımı toplam difüzyon akımından çıkarılmış ve selenyum dolaylı yoldan tayin edilmiştir (Karabaş, 2011).

Selenyumun voltametrik tekniklerle de birçok tayini yapılmıştır. Bunlardan en önemlisi çok düşük miktarlarda madde tayinine imkân veren ve durgun elektrot üzerinde maddenin elektrolizlenerek biriktirilip potansiyel taraması ile çözeltiye sıyrılması sırasındaki indirgenme (katodik sıyırma voltametri, (CSV) veya yükseltgenme (anodik sıyırma voltametri, ASV) akımlarından yapılan tayinlerdir. Her iki yöntemin de duyarlılığı selenyum için 1 $\mu\text{g/L}$ 'den daha düşüktür. Sıyırma voltametri tekniği ile Se tayininde bazı elementlerin girişim etkilerinden dolayı doğrudan tayin yapılamamaktadır. Özellikle ortamda Cu ve Se birlikte bulunduğu intermetalik bileşik oluşumundan dolayı, dolaylı tayin yöntemlerine başvurulmaktadır.

Aydın ve Somer (1990), çözeltide bakır olduğu halde selenyumun doğrudan tayinini anodik sıyırma voltametri ile grafit-wax civa filmi elektrotu üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Ortamdaki Cu ve Se' un intermetalik bir bileşik oluşturduğu ve bu intermetalik Cu-Se pikinden selenyum tayininin yapılabileceği gösterilmiştir (Karabaş, 2011).

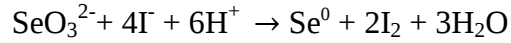
1.5.1.4. Selenyumun Spektroskopik Tayini

Selenyumun spektrofotometrik tayininde kullanılan tepkimelerin başlıcaları şunlardır.

- Selenyum bileşiklerinin piarselenol veya ortodiaminlerle oluşturulması tepkimesi
- Selenyum komplekslerinin kükürt içeren organik reaktiflerle oluşturulması tepkimesi
- Organik bileşiklerin Se^{4+} tarafından diazonyum tuzlarına yükseltgenme tepkimeleri
- Fenil bağlanmış semikarbazidlerin ve tiyokarbazidlerin selenür komplekslerinin oluşumuna dayanan tepkimeler

Selenyumun aromatik diaminlerle verdiği tepkimeler oldukça seçici ve hassastır. Bu tepkime ilk defa 1889 yılında Hinsberg tarafından açıklanmıştır. 3,3'-diaminobenzidin selenöz asitle sarı renkte kararlı bir kompleks oluşturmaktadır. Bu kompleks nötral veya bazik çözeltide toluen veya benzen ile özütlenebilmektedir. Sulu çözeltide bu kompleks 340 nm ve 420 nm'de absorpsiyon pikleri vermektedir. O-fenilen diamin ile selenyumun verdiği komplekslerin hepsi görünür bölgede absorpsiyon pikleri vermekte ve nicel olarak tayin edilebilmektedirler (Karabaş, 2011).

Selenyumun, selenit iyodürle tepkimeye sokulur ve açığa çıkan iyot kloroform fazına alınıp spektrofotometrik olarak dolaylı yolla tayin edilir.



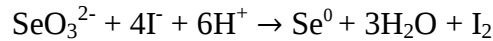
Farklı gıdalardaki selenyumun atomik absorpsiyon ve atomik floresans spektroskopisi ile de tayin edilebilmektedir. 2004 yılında Mandic ve arkadaşları; balık, tavuk eti, kırmızı et gibi protein bakımından zengin gıdalardaki selenyumu HG-AAS ile tayin etmişlerdir. HClO_4 , H_2SO_4 ve HNO_3 asit karışımı kullanılarak numuneler açık sistemde çözülmüştür. Deneylerde, indirgeyici çözelti olarak % 3 (w/v) NaBH_4 çözeltisi, taşıyıcı çözelti olarak da 1,7 mol/L HCl çözeltisi kullanılmıştır (Karabaş, 2011).

1.5.2. Selenyumun Kalitatif Tayini

Selenyumun kalitatif tayinine dayanan metotların çoğunda elementel hale indirgenmesi yer almaktadır. Selenitler için en iyi indirgen hidroksilaminhidroklorürdür.

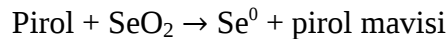
Selenit tiyoüre ile muamele edildiğinde selenyum miktarına bağlı olarak ya kırmızı elementel selenyum çöker veya pembe bir çözelti oluşmaktadır. Filizlerde veya minerallerde selenyum tayininde öncelikler girişim yapan elementler uzaklaştırılması için çözelti NaOH ile muamele edilmektedir. Bu sırada girişim yapan elementler çöker ve selenyum çözeltide kalır.

İyodür ile selenyum tayininde; selenöz asit, iyodür ile asidik çözeltide indirgenir. Selenit elementel selenyuma indirgenirken iyodür iyota yükseltgenir (Karabaş, 2011).



Çözeltiye tiyosülfat ilave edildiğinde iyotun rengi kaybolur ve selenyum kırmızı kahverengi çökelek olarak kalır.

Selenöz asidin pirol ile tayininde; selenöz asit, pirolü yükseltgemekte ve pirol mavisi oluşturmaktadır. Selenik, tellürik ve tellüroz asit pirol ile girişim etkisi göstermediğinden bu metot selenoz asit tayininde kullanılabilir. Eğer bu reaksiyon derişik H_3PO_4 ortamında gerçekleştirilir ve Fe (III) tuzu ilave edilirse duyarlılığı 25 kat artmaktadır. Çünkü bu koşullarda $[\text{Fe}(\text{PO}_4)_2]^{3-}$ kompleksi pirola bağlanarak dengeyi sağa kaydırır ve selenöz asitin yükseltgenme potansiyeli artar (Karabaş, 2011).

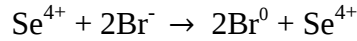


Selenöz asidin asimetric difenil hidrazin ile tayininde; selenöz asit selenyuma indirgenir ve difenil hidrazin kinonanil, difenil hidrazon'a yükseltgenir. Oksijen içeren tellüryum bileşikleri difenil hidrazinle reaksiyona girmez (Karabaş, 2011).

Karabaş, (2011)' in belirttiğine göre; selenöz asitin metilen mavisi ile tayininde, alkali sülfürler tarafından metilen mavisinin renksiz leuko bileşğine indirgenmesine, selenyum katalitik etki eder. Başka bir deyişle ortamda selenyum varsa metilen mavisinin renginin kaybolma hızı artar. Sodyum hipofosfit, sodyum fosfit gibi kuvvetli indirgenler girişim yapmazlar. Bu metotla selenyumun kalitatif tayini şöyle yapılır; bir damla bazik numune çözeltisi ve bir damla su iki ayrı cam saati üzerine konur. Her iki çözeltiye birer damla 0,2 mol/L Na_2S ilavesinden sonra, hem tanık çözelti hem de

numune çözeltisine birer damla metilen mavisi eklenir. Eğer numune çözeltisi selenyum içeriyorsa renk değişimi çok daha hızlı olur (Feigl ve West, 1947).

Selenatın selenit varlığında kalitatif olarak tayini selenat ve selenitin kuvvetli asit bromür çözeltisinde farklı redoks potansiyellerine sahip olmasına dayanır. Selenat, bromürle aşağıdaki eşitliğe göre indirgenir (Karabaş, 2011).



Hassasiyeti ve seçiciliği nedeniyle selenyum tayininde en çok kullanılan metot 3,3'-diaminobenzidin veya diğer o-diaminlerle piarselenol oluşumuna dayanır. En çok kullanılan diğer diaminler 1,8-naftalendiamin, 4-dimetilamino-1,2-fenilendiamin, 4-metiltiyo-1,2-fenilendiamin ve 2,3-diaminonaftelen'dir. Eğer selenit miktarı fazla ise zayıf asit çözeltiinde kahverengi-kırmızı piarselenol çöker. Selenyum düzeyi düşükse sarı renk gözlenir. Eğer selenyum kompleksi organik çözücülerle (toluen, benzen vs.) ekstrakte edilirse reaksiyonun hassasiyeti artar (Karabaş 2011).

Yukarıdaki bilgiler ışığında selenyumun önemi daha iyi anlaşılmış ve selenyum analizinin yapılması gerektiği kanaatine varılmıştır. Ayrıca selenyum analizi için kullanılacak yöntemin uygunluğunun da önemi daha iyi idrak edilmiştir.

Yapılan literatür taraması neticesinde, dünyanın bir çok bölgesindeki toprakların selenyum miktarının belirlendiği, ancak Türkiye'nin en büyük ovalarından biri olan Amik ovası toprak serilerinde böyle bir çalışmanın yapılmadığı görülmüş ve yaptığımız bu çalışma ile Amik ovası toprak serilerinde materyal ve metot kısmında verilen ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak toprak bünyesine farklı şekilde bağlanmış selenyum miktarları tespit edilmeye çalışılmıştır. Selenyum analizinin yanı sıra yine aynı toprakların bir takım fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de analizleri yapılmıştır. Yapılan bu çalışma ile literatürdeki eksiklik giderilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen verilerle;

- Selenyum fraksiyon ve iyon türleriyle toprak özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizleriyle araştırılmış,
- Analiz sonuçlarına regresyon analiz teknikleri uygulanarak selenyum miktar ve türlerini belirleyen önemli toprak özellikleri belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Topraklarda Selenyum Belirlenmesi

Amin, (2014), toprak, bitki, su ve insan saçındaki eser miktardaki selenyumu tayin etmek için katı faz spektrometresi yöntemini uygulamıştır. Se^{4+} kompleks bir dekstran olan 2,3-dikloro-6-(2,7-dihidroksi-naftilazo) kinoksalin (DCDHNAQ) Lpofilik jel içinde emdirildikten, Se^{6+} ise 10 dakika boyunca HCl içerisinde kaynatılıp Se^{4+} e indirgendikten sonra analiz edilmiştir. 588-800 nm arasında doğrudan reçine içerisinde tayin edilen selenyum 0,2-33 $\mu\text{g/L}$ aralığında bulunmuştur (RSD 1,22 %). Analiz şartlarının optimizasyonu için dekstran, pH ve örnek hacmiyle ilgili denemeler yapılmış ve LOD ile LOQ değerleri tayin edilmiştir. LOD ve LOQ değerleri sırasıyla, 500 mL örnek ve 50 mL dekstran için 110 ile 360 ng/L, 1000 mL örnek ve 50 mL dekstran kullanıldığında ise 60 ile 200 ng/L olarak bulunmuştur.

Castilho ve ark. (2014), Brezilya'nın yaklaşık % 60'ını temsil eden ve gübreleme yapılmamış toprak örneklerinde, selenyumu doğrudan tayin etmek için sürekli ışın kaynaklı grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometresi kullanarak metot geliştirmişler. Selenyum analizi için en hassas dalga boyunun 196,026 nm olduğunu belirlenmişler. Platform üzerinde birikme olmasın diye modifayer olarak Rutenyum kullanılmıştır. LOD değeri 30 ng/g ve LOQ değerlerini 100 ng/g olarak bildirmişler. Deniz sedimentleri içeren MURST-ISS-A1, MESS-3 ve PACS-2 sertifikalı referans maddeleri kullanarak metotlarının geçerliliğini tespit etmişler. Analizini yaptıkları toprak örneklerinin selenyum içeriğinin 30 ± 10 ng/g ve 630 ± 15 ng/g arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Hurts ve ark. (2013), insan beslemesi, bağışıklık sistemi ve antioksidan kapasitesi açısından selenyumun kritik öneme sahip olduğunu vurgulamışlardır. Afrika'nın Malawi bölgesinde selenyum alımının düşük olduğunu belirtmişler. Buradaki durumun bölgesel beslenmeden kaynaklanabileceğine dikkat çekmişlerdir. O bölgenin yaklaşık olarak % 80'ninin beslenmesinin selenyum eksikliğine neden olduğunu, Güney Afrika'nın 7 ülkesinin % 60'ının benzer sıkıntılar içerisinde olduğunu tespit etmişlerdir. Selenyum eksiliğinin giderilmesi için, Finlandiya'da olduğu gibi selenyumca zenginleştirilmiş azot gübrelerinin kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Songshan ve ark. (2012), Çin'deki tarım arazileri ve bu arazilerde yetişen mısırlarda selenyum türlemesi çalışması yapmışlardır. Çin'in selenosis alanlarının; yayla, çeltik toprakları ve mısır örneklerinde beş basamaklı sıralı ardışık ekstraksiyon metoduyla selenyum türlemesi yapılmıştır. Bu çalışmayla çözünebilir selenyum, değişebilir ve karbonat bağlı selenyum, demir ve amonyum oksit bağlı selenyum, organik madde bağlı selenyum ve arta kalan (residual) selenyum türlemesi yapılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre; yayla topraklarındaki çözünebilir ve değişebilir selenyum fraksiyonlarının toplam selenyumun %1'den daha düşük, ancak çeltik topraklarında bu oranın %16,1 civarında olduğu tespit edilmiştir. Hem çeltik hem de yayla topraklarındaki arta kalan selenyumun, demir ve mangan oksit bağlı ve organik madde bağlı selenyumdan daha düşük olduğu görülmüştür. Aynı zamanda organik madde bağlı selenyumun çeltik tarlasında daha çok olmasına karşın, demir mangan oksit bağlı selenyumun çeltik tarlasında daha baskın olduğu görülmüştür. Ayrıca yapılan bu çalışma ile mısır tohumlarında selenyumun 0,05-14,5 köklerde 0,09-9,15 saplarda 0,31-12,3 ve yapraklarda ise 0,16-36,15 mg/kg olarak bulunduğu belirlenmiştir.

Stroud ve ark. (2012), LC-ICP-MS kullanarak toprak ekstraktlarında selenyum türlemesi yapmışlardır. İngiltere'nin altı farklı tarım toprağında selenit ve selenat tayini yapılmış ve ekstraksiyon işlemi için en iyi çözeltinin 0,016 M fosfat tamponu olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlardan; analizi yapılan topraklardaki ekstrakte edilebilir selenyum miktarının 6-13 µg/kg olduğu görülmüştür. Selenatın geri kazanım oranının >91 (%) ve selenitin ise; toprağa hızlı bağlanmasından dolayı 18,5-46,1 (%) oranında olduğu tespit edilmiştir.

Keskinen ve ark. (2011), Finlandiya'nın selenit gübrelemesi yapılan topraklarındaki selenyum fraksiyonlarını tayin etmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada, 1992-2004 yılları arasında aynı noktadan alınan topraklarda; çözünebilir, adsorblanmış, orjinde birleşmiş, elementel ve arta kalan selenyum diye bilinen beş ayrı fraksiyondaki selenyumu tayin etmişlerdir. Sonuçlar ortalama olarak; % 1 çözünebilir selenyum, % 17 adsorblanmış selenyum, % 39 orjinde bağlı selenyum, % 14 elementel selenyum ve % 29 arta kalan olarak bulunmuştur.

Tolu ve ark. (2011), toprakta eser seviyede bulunan selenyum türlerinin belirlenmesi için HPLC-ICP-MS metodunu geliştirmiş ve selenyumun dedeksiyon limitini 3,29 ng/L olarak belirlemişlerdir. Fransa'nın farklı bölgelerinden toplanan

toprak örneklerini incelemişler ve bu topraklardaki selenyum miktarlarını 210-1560 µg/kg olarak belirlemişlerdir.

Weng ve ark. (2011), toprakta çözünmeden bulunan karbon ile selenyum türleri arasındaki ilişkiyi belirlemişler ve selenyumun biyoyararlılığı hakkında araştırma yapmışlardır. Bu çerçevede toprakta bulunan selenyum miktarları ve çözünmeyen karbon seviyeleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlardan; topraktaki selenyumun % 67-86'sının ve çözünmeyen karbonun da % 47-85'inin koloidal yapılı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara istinaden, topraklardaki selenyum seviyesinin değişkenlik göstermesinin sebebi olarak çözünmeyen karbon ile bağlantılı olabileceği ileri sürülmüştür.

Keskinen ve ark. (2011), pirinç fidelerinin etrafını çevreleyen topraklardaki selenyum seviyelerini belirlemeye yönelik çalışma yapmışlardır. Beş basamaklı sıralı ardışık ekstraksiyon işlemleri uygulayarak yapılan topraktaki selenyum analizleri sonucunda, fide topraklarının tüm fraksiyonlarında selenyum miktarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca normal topraklarda da, çözünebilir ve organik maddeye bağlı selenyum miktarının yüksek ancak değişebilir selenyum miktarının oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

Zhao ve ark. (2007), tarafından buğday tanesinin selenyum konsantrasyonu üzerine sulama ve toprak sıkışmasının etkilerini incelemek üzere tarla koşullarında 2 yıllık bir deneme yürütülmüştür. Sulama tane selenyum konsantrasyonunu % 30-75 oranında azaltmıştır. Muhtemelen bu etkinin;

(i) tane veriminin bir sonucu olarak seyrelmeden dolayı,

(ii) sulama suyuna ilave edilen sülfatın rekabeti,

(iii) artan yıkanma kayıplarından dolayı olabileceği şeklinde ifade edilmiştir. Toprak sıkışması da tane Se konsantrasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır.

Soylak ve ark. (2007), öncelikle toprak, su ve canlı organizmalarda bulunan selenyumun çevre ve insan sağlığı açısından önemli bir rol oynadığını, selenyum eksikliğinin hastalık ve bağışıklık sistemindeki bozukluklarla ilişkili olduğunu, selenyumun doğal sularda Se (4+) ve Se (6+) yükseltgenme basamaklarında bulunduğunu, Se (4+)’ün Se (6+)’ya göre daha zehirli olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada selenyumun katı faz ekstraksiyonu ile türlemesi yapılmıştır. pH, reaktifin cinsi ve miktarı, örnek hacmi gibi en uygun deneysel şartlar araştırılmıştır. Tayin işlemi

grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometresi ile yapılmıştır. Geliştirilen yöntem doğal sularda selenyum türlerinin ve bazı gıda ve çevresel örneklerin toplam selenyum içeriklerinin tayininde kullanılmıştır. Sonuçlar çeşitli standart referans maddelerin analizleri ile doğrulanmıştır.

Grant ve ark. (2007), Kanada ovalarının yüksek selenyumlu toprakları üzerinde tarla koşulları altında 3 yıl süreyle iki ayrı lokasyonda yetiştirilen makarnalık buğdayın Se akümüasyonu ve Cd seviyeleri üzerine Se'un (sodyum selenat formunda) farklı uygulama metotları ve oranlarının (tohumla kaplama 10, 20, 30 ve 40 g/ha Selenyum; Selcote granül gübre 10 g/ha yapraktan uygulama 20 g/ha selenyum) etkisi incelenmiştir. Kontrol parsellerinde (Se uygulanmayan) yetiştirilen makarnalık buğdayın Se konsantrasyonu 195 mg/kg ile 532 mg/kg aralığında değişim göstermiştir. Selenyum uygulama metotları ve oranlarının tümü bütün lokasyonlarda bitki standı, biomas verimi ve tane verimi üzerine olumsuz etki göstermeksizin makarnalık buğday tanesindeki selenyum konsantrasyonunu arttırmıştır. Selenyum uygulamaları göz önüne alınmadan tanedeki Cd konsantrasyonu genellikle sınır değerlerinin altında bulunmuştur. Selenyum uygulaması kaynağı ne olursa olsun tanedeki Cd konsantrasyonunu azaltmamıştır. Araştırmacılar selenyum uygulamasının buğdayın selenyum konsantrasyonunu arttırmada etkili olduğunu fakat tane Cd'ünü azaltmak için etkin bir yol olmadığını bildirmişlerdir.

Qiu ve ark. (2006), tiyoüreyi $\text{KBH}_4/\text{NaOH-HCl}$ sayesinde konversiyonel hidrür sisteminden önce selenyumun on-line ön-indirgenmesi için bir indirgeme ajanı olarak geliştirmişlerdir. Tiyoürenin on-line ön-indirgenmesinden sonra, selenyumun hidrür sistemi verimliliğinde önemli bir şekilde artış gösterdiği görülmüştür. Hatta konversiyonel hidrür sisteminin içinde selenyum (4+)'ün aynı miktarından daha yüksek elde edildiği belirtilmiştir. Selenatın tayin limiti (LOD), hidrür sistemli atomik floresans tayininin ardından on-line tiyoüre ön-indirgeme kullanıldığında 10 $\mu\text{g/L}$ olarak bilinmektedir. Hidrür sistemi sayesinde izlenen tiyoüre ön-indirgemesi atomik floresans spektrometresi ve iyon çifti yüksek performans sıvı kromatografisi arasında bir ara yüz olarak kullanıldığında selenosistin, selenometiyonin, selenit ve selenat kantitatif ve eş zamanlı ölçülebildiği belirtilmiştir. Bunların tayin limitleri sırasıyla 0,06, 0,08, 0,05 ve 0,04 ng/mL olarak saptanmıştır.

Goldberg ve ark. (2006), eşleşmiş iyon kromatografisi-hidrür sistemli absorpsiyon spektrofotometre ile mg/L seviyesindeki selenyum türlemesi yapmışlardır. İyon değişimi kromatografisi ile Se (4+) ve Se (6+)'yı tutulma süreleri farkından yararlanarak ayırmışlardır. Geliştirilen bu metotla; Se (4+) ve Se (6+)'nın dedeksiyon limiti 0,68 mg/L ile 0,55 mg/L olarak belirtilmiştir.

Sager (2006), selenyum seviyesinin düşük olduğu Avrupa bölgesinde, endüstriyel ve maden işletmelerinin olduğu alanlarda araştırmalar yapmıştır. Bu alanları daha çok; kömür ocakları ve hayvan besin maddelerinin üretildiği yerler olarak belirlemiştir. Bu alanlardaki toprak ve bitkilerdeki yararlı selenyum formlarını; selenit gübrelemesi ve kanalizasyon çamurundan geri dönüşüm işlemleri yaparak arttırmıştır.

Curtin ve ark. (2006), düşük selenyumlu topraklar üzerinde yetiştirilen buğdayın selenyum seviyesini 100 µg/kg'a yükseltebilmek için en iyi uygulama metodu, miktarı ve zamanını tespit etmek amacıyla tarla koşullarında çalışmışlardır. Bu amaçla Se (sodyum selenat formunda) uygulama metodu (toprağa uygulama, tohumla uygulama, yapraktan uygulama) ve farklı uygulama miktarları (5, 10, 20 g/ha Se) ile sulanan ve sulanmayan iki farklı lokasyonda sonbahar ve ilkbaharda iki farklı çeşit buğday yetiştirilerek değerlendirmişlerdir. Tane selenyum konsantrasyonu kontrol parsellerinde (Se ilave edilmeyen) ortalama 30 µg/kg iken, 20 g/ha dozunda en etkili uygulama metodu olarak belirlenen yapraktan ve Zadoks Cetveline göre büyüme evresi 31'de topraktan uygulamalarda 400-500 µg/kg'a artmıştır. Ekim esnasında gübreleme (toprağa uygulama), büyüme evresi 31'de gübrelemeye (toprağa uygulamaya) göre tane selenyum artışında özellikle sonbaharda ekilen ürünlerde daha az etkili olmuştur. Araştırmacılar uygulanan selenyumun bitkiye elverişliliğinin toprakta çabucak azalabileceğini, bitkiler ilkbaharda hızlı bir şekilde büyümeye başladığı zaman Se uygulanmasının çok daha etkili olacağını bildirmişlerdir. Tane selenyum seviyesi, sulanan alanda verim daha yüksek olmasına rağmen kuru alandaki uygulamalara yakın olmuştur. Tane selenyumunu üzerine genotiplerin etkileri ya çok az ya da önemsiz bulunmuştur. En etkili uygulama metotları (Zadoks cetveline göre büyüme aşaması 31'de topraktan uygulama ve çiçeklenme döneminde yapraktan uygulama) tane selenyumunu 1 g/ha selenyum uygulama oranındaki artış için 20 µg/kg arttırmıştır.

Maleki ve ark. (2005), tartarik asit ve sodyum tetrahidroborat'ın katı karışımının kullanılmasıyla ng/mL konsantrasyon aralığında eser miktardaki selenyumun tayini için bir hidrür sistem metodu geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu metotta analizler atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Tartarik asitin sodyum tetrahidroborata oranı, tipi ve asitin miktarı ve reaksiyon sıcaklığı gibi çeşitli parametreler 640 ng/mL Se (4+) standart çözeltisi kullanılarak optimize edilmiştir. Kalibrasyon eğrisinin 20-1200 ng/mL arasında doğrusal olduğu tespit edilmiştir. Tayinin göreceli standart sapması %1,93 ve tayin sınırı 10,6 ng/mL olarak belirlenmiştir. Metodun güvenilirliği, çeşitli su türleri, ayrıca bir toprak numunesi gibi çevresel numunelerin farklı türlerinin kullanılmasıyla kontrol edilmiştir. Gerçek numunelerde Se (6+) varlığının Se (4+)'e dönüşümü için NaBH_4 ve tartarik asit karışımına L-sistein eklenmiş ve bu metodun diğer metodlara göre iyi sonuçlar gösterdiği bulunmuştur.

Bujdos ve ark. (2004), Slovakya'nın yüzeyi kirlenmiş maden çevrelerindeki kaya, toprak, su ve bitkilerdeki selenyum türlerini tayin etmişlerdir. Üç basamaklı ekstraksiyon işlemi ile alınan örneklerde selenyum türlemesi yapılmıştır. Sıralı ardışık ekstraksiyonun ilk basamağında fosfat tamponu, ikinci basamağında persülfat ve son basamağında nitrik asit-sülfürik asit ekstraksiyonu ile türleme yapılmıştır. Örneklerdeki selenyum miktarının 0,123-32,18 $\mu\text{g/kg}$ olduğunu tespit etmişlerdir.

Halilova (2004), tarafından karbonatlı topraklarda selenyumun hareketliliğinin Ca'a bağlı olduğu, Ca^{+2} ile SeCO_3^{2-} 'ın, CaSeO_3 şeklinde birleştiği ve kolayca yıkanabildiği, yüksek yağışlı selenyumca zengin, asitli topraklarda H_2SeO_3 (selenit asidi) oluşmadığı, oluşsa da yıkanıp uzaklaştığı belirtilmiş, üst horizonta organik maddenin fazla olduğu topraklarla düşük pH'lı topraklarda selenyumun suda çözünen miktarının çok az olduğu, suda çözünen miktarın profilden aşağıya inildikçe, organik madde azaldıkça artış gösterdiği, bu durumun da alkali pH ile ilişkili olduğu, asit tepkimeli topraklara organik gübreleme ve kireçleme yapılmasının selenyumun toprakta hareket etmesine ve kalsiyum selenat oluşarak bitkiler tarafından kullanılabilir hale dönüşmesine neden olduğu, selenyumlu 12 toprağın pH'ının alkali, CaCO_3 içeriğinin fazla olduğu, selenyumun organik maddelerle bağlı selenat formunda bulunduğu, az miktarda da selenit iyonu şeklinde olabildiğini belirtmiştir. Ayrıca Halilova bu çalışmasında, toprak ve sedimentlerde selenyumun kimyasal formu ve bitkilere

yarayışlılığının oksidasyon-redüksiyon potansiyeli, pH, çözünebilirlikleri ve toprak nemi ile yakından ilişkili olduğunu, selenyumun bitkilerce alınmasında pH ve organik madde miktarının yanısıra, sülfat ve demirin miktarının da önemli olduğunu vurgulamıştır.

Erol (2002), hidrür oluşturmali atomik absorpsiyon spektrometrisi (HG-AAS) ile tavuk eti, yumurta ve tavuk yeminde selenyum tayini yapmiştir. Yapılan bu çalışma ile uygun çözme yöntemi ile HCl derişimi, NaBH₄ derişimi ve taşıyıcı gazın akış hızı vb. değişkenlerin en uygun değerleri deneysel olarak saptanmıştır. Uygun çözme yöntemi olarak açık sistemde yakma yöntemi seçilmiş ve homojen hale getirilen numuneler HNO₃, HClO₄, H₂SO₄, HCl karışımında çözülmüştür. Bu çalışmada seçicilik, doğruluk, kesinlik, gözlenebilme sınırı (LOD), tayin sınırı (LOQ) ve duyarlık gibi analitik değişkenler de belirlenmiştir. LOD ve LOQ sırasıyla 0,78 µg/L, 2,35 µg/L olarak bulunmuştur. Yumurta ve tavuk etinde bulunabilecek elementler ile HRC-AAS' de tayin edilebilen elementlerin girişim etkileri de incelenmiştir. Yöntemin doğruluğunun kontrolü için standart referans madde olarak IRMM IMEP 19, LGC7160 ve GBW 08572 kullanılmıştır. Yöntemin doğruluğu ve kesinliği tatminkâr olup, 10 µg/L'lik standart Se derişimi ve 500 µL' lik numune hacmi için bağıl standart sapma % 4'ten az, bağıl hata da % 10'dan düşük olarak bulunmuştur. Selenyum yumurtada 0,27 ± 0,02 µg/g, tavuk etinde 0,11 ± 0,02 µg/g ve tavuk yeminde 0,45 ± 0,02 µg/g olarak bulunmuştur.

Popijac ve Prpic (2002), Hırvatistan'da 3 farklı toprak tipinde (semigley, pseudogley ve hipogley) ve bu topraklarda yetiştirilen buğdayın tanesinde hidrürlü atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak yapılan Se analizi sonucu, topraklarda 145-333 µg/kg tespit edildiği ve buğday tanesinde (22-62 µg/kg kuru ağırlık) nispeten düşük düzeyde Se bulunduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte araştırmacılar yapılan kovaryans analizlerine göre, buğday tanesindeki Se miktarını topraktaki Se miktarı, pH ve K₂O düzeyinin etkilediğini belirtmişlerdir.

Xian You ve ark. (1999), topraklarda Se formunun dağılımı ve yarayışlılığını belirlemek üzere Çin (Hebei Province)'de 0, 10, 50 ve 100 mg/kg düzeyinde selenyum uygulanmış üç farklı toprakta mısır bitkisinin yetiştirildiği saksı denemesi kurmuşlardır. Se formlarının dağılımının pH gibi toprak özelliklerinden etkilenmekte olduğunu ve böylece toprakta Se noksanlığı veya yarayışlılığının artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Martens ve ark. (1997), hidrür sistemli atomik absorpsiyon spektrofotometresi ve sıralı ardışık ekstraksiyon ile sedimentlerde selenyum türlemesi yapmışlardır. Sıralı ardışık ekstraksiyonun ilk basamağında fosfat tamponu, ikinci basamağında persülfat ve son basamağında nitrik asit ekstraksiyonu ile türleme yapılmıştır. Ortalama kesinlik fosfat tamponu ekstraksiyonunda %5,5-7,7 persülfat ekstraksiyonunda %2,6-8,4 ve nitrik asit ekstraksiyonunda 2,8-7,4 olarak belirlenmiştir.

Tveitnes ve ark. (1996), tarla denemeleri ile yazlık buğdayın selenyum konsantrasyonu üzerine selenyumca zenginleştirilmiş gübrelerden NPK ve üst gübre olarak uygulanan $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 'ın etkisi karşılaştırılmıştır. Selenyum, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ile 6,45 ve 12,91 g/ha, NPK ile 5,83 g/ha miktarlarında uygulanmıştır. Buğday tanesindeki Se konsantrasyonu sürekli olarak $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ya da NPK uygulamaları ile artmıştır. Bununla birlikte buğday tanesi Se konsantrasyonunu artırmada $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 'ın NPK ya üstünlüğü büyüme koşulları ve lokasyona bağlı olarak değişmiştir. Selenyum uygulama metodunun her ikisi de buğday tanesindeki selenyum konsantrasyonunu arttırmada etkili olmuştur. Buğday tanesindeki selenyum konsantrasyonu genellikle kaba tekstürlü topraklarda, orta ile ağır tekstürlü topraklardakinden daha yüksek bulunmuştur. Selenyum uygulanmayan alanlardaki 16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ selenyum olarak belirlenen buğday tanesinin selenyum konsantrasyonu, insan ve hayvanlarda selenyum ihtiyacını karşılamak için gerekli olan seviyelerin oldukça altında çıkmıştır. 25 mg/kg selenyum ile zenginleştirilen $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 'ın, buğday tanesindeki selenyum konsantrasyonunu arzu edilen seviyeye çıkardığı görülmüştür.

Gupta ve ark. (1993), arpa tanesinin selenyum konsantrasyonu üzerine selenit ve selenatın etkisini karşılaştırmışlardır. Bu amaçla ekim esnasında toprağa üç farklı selenyum kaynağı (sodyum selenat, sodyum selenit ve kalsiyum selenit) üç farklı dozda (10, 20 ve 40 g/ha selenyum) uygulanmıştır. Sodyum selenat formunda 10 g/ha Se uygulama dozu, arpa tanesinin Se konsantrasyonunu 234 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 'a, 40 g/ha Se uygulama dozu ise 959 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 'a yükseltmiştir. Hem kalsiyum selenit hem de sodyum selenit en yüksek 40 g/ha selenyum uygulama dozunda bile tane Se konsantrasyonunu arttırmada etkisiz olduğu görülmüştür. Birinci yılın bitkiye etkisini ölçmek için ikinci yıl selenyum uygulanmayan parsellerdeki 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tane selenyum konsantrasyonu, kullanılan Se kaynağı ya da oranına bakmaksızın kontrol uygulamalarındakilere benzer düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden yıllık selenat formunda 10 g/ha selenyum

uygulamasını, çiftlik hayvanlarını selenyum eksikliğinden korumak için, arpa tanesi selenyum konsantrasyonunu ihtiyaç duyulan seviyelere çıkarmak gerektiği önerilmiştir.

Singh (1991), tarafından düşük selenyumlu toprağa uygulanan Cl ya da SO_4^{2-} içeren NPK gübrelerine ilave edilen selenat ve selenitin buğday Se konsantrasyonu üzerine etkisi iki yıl süre ile bir sera denemesinde incelenmiştir. Denemede kullanılan kumlu toprağa CaCO_3 uygulanarak pH'ı 5,5 ve 6,5'a ayarlanmıştır. Selenyum, Cl içeren NPK gübresi 0,03 ve 0,06 mg/kg selenyum, SO_4^{2-} içeren NPK gübresi ise sadece 0,06 mg/kg selenyum uygulanmıştır. Üçüncü yılda ise önceki yıllarda uygulanan selenyumun bakiye etkisi incelenmiştir. Uygulamalar arasında tane verimi önemli oranda farklı çıkmıştır. Tane verimi pH 6,5'da 5,5'dan önemli düzeyde daha yüksek olmuştur. Buğday tanesindeki selenyum konsantrasyonu ve alımı, selenat uygulaması ile artmıştır. Selenit uygulamasıyla selenyum konsantrasyonu ve alımında, sadece kontrol seviyesinin üzerinde bir artış sağlandığı belirtilmiştir. Selenyum konsantrasyonu ve alımına selenatın etkisi selenitinkinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Buğday tanesindeki Se birikiminin selenat kullanıldığı zaman Cl içerikli NPK gübrelerinde, selenit kullanıldığı zaman ise SO_4^{2-} içerikli NPK gübrelerinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Selenatın etkisi özellikle pH 6,5'de daha yüksek olmuştur. Selenyumca zenginleştirilmiş NPK gübrelerinden selenyum alımı, genellikle tek başına uygulanan selenyumunki kadar yüksek olmuştur. İlk iki yılda uygulanan her iki selenyum kaynağının bakiye etkisi üçüncü yılda etkili olmamıştır. Araştırmacı buğday tanesindeki selenyum konsantrasyonunun NPK gübrelerine selenyum tuzları katarak arttırılabileceğini, ancak selenatın selenitten daha etkili olduğunu, bununla birlikte selenatın, SO_4^{2-} içerikli NPK gübrelerindeki SO_4^{2-} iyonları ile iyonik rekabetinden kaçınmak için Cl içerikli NPK gübrelerine ilave edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Wan ve ark. (1988), tarafından farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip topraklar üzerinde yetiştirilen bitkilerin (arpa, yonca, pancar ve domates) Se alımını sera koşullarında incelenmiştir. Bu dört bitkinin yetiştirildiği toprağa 0, 0,5 ve 1,5 mg/kg dozlarında Se uygulanmıştır. Dört farklı toprak daha ilave edilerek sadece yoncanın yetiştirildiği ikinci bir denemede de topraklara 0, 0,5, 1,5 ve 3 mg/kg dozlarında Se uygulanmıştır. Bitkiler olgunlaşana kadar yetiştirilerek verim ve doku Se konsantrasyonları belirlenmiştir. Bitkilerin Se konsantrasyonlarının Se uygulama dozlarına bağlı olarak doğrusal bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. Arpa, pancar ve

domatesin insanlar tarafından yenilebilen kısımları genellikle yenilemeyen kısımlarından çok daha az Se içerdiği görülmüştür. Topraktaki SO_4^{2-} miktarı bitkiler tarafından Se alımını etkileyen başlıca toprak faktörü olarak tespit edilmiştir. Düşük sülfatlı toprakta yetiştirilen yoncanın (<100 mg/kg selenyum), yüksek sülfatlı toprakta yetiştirilen yoncadan (>1000 mg/kg selenyum) 10-20 kat daha fazla selenyum ihtiva ettiği belirtilmiştir.

Ylänta (1983), Finlandiya'da tarım yapılan mineral topraklarda sürüm derinliğinde selenyumun 0,04-0,70 mg/kg düzeyleri arasında değiştiğini, killi toprakların selenyum içeriğinin genellikle kaba mineral topraklardan yüksek olduğunu, killi toprakların ortalama Se içeriğinin 0,29 mg/kg, kaba mineral toprakların ise 0,17 mg/kg olduğunu ve en yüksek selenyum miktarının organik topraklarda ölçüldüğünü (0,46 mg/kg) belirtmiştir.

Elkin ve Margrave (1968), selenyumun en fazla volkanik kayalarda selenit mineralleri olarak, sülfür ile izomorfik olarak, hidrometal kaynaklarda çoğunlukla epitermal antimon, gümüş, altın ve civa ile beraber, yoğun sülfür ve bakır kaynaklarda küçük konsantrasyonlarda ve geniş miktarlarda bulunduğunu, sülfür minerallerinde selenyum içeriğinin 0-2100 mg/kg düzeyinde değiştiğini belirtmişlerdir.

Watkinson (1962), un yaptığı araştırmalara göre Yeni Zelanda topraklarında selenyum miktarı 0,1-2 mg/kg olarak bulunmuştur. Wels (1967), Yeni Zelanda topraklarının üst horizonlarında her zaman selenyum miktarının ana materyalden fazla olduğunu belirlemiştir. Aynı araştırmacı selenyumun üst katmanda fazla olmasının ana materyale bağlı olduğunu, killi ana materyale sahip, oldukça alkali tepkime gösteren topraklarda selenyumun, asit tepkimeli topraklara göre daha fazla olduğunu ve illiviyal horizontunda selenyumun daha fazla olduğunu belirtmiştir.

Anderson (1961), topraklarda selenyumun toksisitesinin birkaç faktöre bağlı olduğunu ifade etmiştir. İlk olarak selenyumun topraktaki hareketinin ve bitkiler tarafından alınmasının pH'a bağlı olduğunu belirtmiştir. Selenyum toksisitesinin bulunduğu topraklara örnek olarak, hafif alkali ve alkali özellikte olan Kanada, Güney Amerika ve İsrail'de bulunan bazı topraklar gösterilmiştir. Bu topraklarda pH'ın 7,8-8,2 arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu tip topraklarda selenyumun selenit (SeO_3^{2-}) iyonu formunda bulunduğunu ifade etmiştir. Bu formun sadece alkali koşullarda yararlı

durumda olduğu belirtilmiştir. Nötral veya asit tepkimeli topraklarda elementel (Se^0) formda bulunduğu tespit edilmiştir. Selenyumun topraklardaki hareketinin toprak nemiyle yakından ilişkili olduğu, yalnız nemli ve alkali tepkimeli topraklarda selenyumun selenata oksitlendiği, asit tepkimeli topraklarda selenyumun selenat formunda bulunmasının mümkün olmadığı ifade edilmiştir. Az yağmur alan bölgelerdeki alkali selenyumlu topraklarda selenyumun CaSeO_3 (Ca-selenit) şeklinde bulunduğu, Ca-selenitin suda çok iyi çözündüğu ve bitkilerin bunu kolaylıkla kullanabildiği belirtilmiştir. Yağmuru bol olan asit tepkimeli topraklara sahip bölgelerde, selenyum asidi (H_2SeO_3) bulunduğu, yıkanarak uzaklaştığı vurgulanmıştır. Bitkiler tarafından topraktan selenyumun alınmasının esas olarak iklim ve ana materyale bağlı olduğu belirtilmiştir. İyi kurutulmamış göl topraklarında organik madde miktarı ile birlikte selenyum miktarının da fazla olduğunu, fakat bunların yakınlarında iyi drene edilmiş topraklar varsa bunlarda selenyum miktarının az olduğunu belirtmiştir. Aynı araştırıcı, selenyumca toksik topraklarda organik maddelerle selenyumun ilişkisinin bulunduğunu, organik maddece zengin olan hafif alkali topraklarda suda çözünebilen selenyum miktarının az olmasının selenyumun organik maddelerle oluşturduğu şelatların çözünlüğünün azlığına bağlı olduğunu belirtmiştir.

2.2. Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi ve Yersel Değişkenliği

Jiang Hou ve ark. (2012), örnek lokasyonunu saptamak için GPS kullanarak Mart 2009’ da yaklaşık 20 m’ lik grid üzerinde 0-20 cm derinlikten 111 noktadan toprak örneklerini almışlar, klasik istatistiksel ve jeostatistiksel yöntemlerle bu toprakların 16 kimyasal özelliğini analiz etmişlerdir. Net dağılımlar Al, Ba, Fe, K, Mn, Na, Si, Ti ve V arasındaki önemli pozitif korelasyonların güçlü konumsal benzerliğe önderlik ettiğini göstermiştir. Toprak değişkenlerinin mekânsal dağılımlarını gösteren interpolate edilmiş besin haritaları potansiyel tarım yönetim bölgelerini netleştirmek ve mekânsal çeşitliliği daha iyi anlamak için yararlı olmuştur. Toprak total besin dağılım haritaları, çalışma bölgesinde kurutulmuş tütün ürününü ve kaliteyi artırmak için alana özđü gübreleme yönteminin temeli olarak kullanılabilmıştir.

Najafian ve ark. (2012), İran'ın merkezinde bulunan 132 hektarlık bir araziden 0-30 cm derinlikten alınmış topraklarda toplam nitrojen (N), kullanılabilir fosfor (P), kullanılabilir potasyum (K), kullanılabilir bakır (Cu), kullanılabilir çinko (Zn), kullanılabilir demir (Fe) ve kullanılabilir manganez (Mn) analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar toprağın organik ürün içeriklerinden Cu ve Zn'nin Marvdasht'ın tarlalarında çok düşük olduğunu göstermiştir. Tarlada mekânsal dağılım modeli ve toprağın kimyasal özelliklerinin bağımlılık derecesi değişkenlik göstermiş ve N, K, CaCO_3 ve elektrik iletkenlik (EC) verileri orta derecede mesafeye bağlı değişkenlik ortaya koymuştur. Diğer değişkenler için variogramlar daha güçlü mesafeye bağlı değişim ortaya çıkarmıştır. Sonuçlar yarayışlı P için daha uzun bir range değeri (480 m) ve onu takiben toplam (N) için (429 m) değerini göstermiştir. Diğer kimyasal özelliklerin değerini daha kısa (128 m'den 170 m'ye) göstermiştir. N, P, K, Fe, Mn, Cu ve Zn'nin net dağılımı haritalanmıştır. Bu, çeşitliliği hesaplamak için örneklem stratejisinin farklı toprak kimyasal özelliklerine ve arazi kullanım desenine uygulanması gerekliliğini ispatlamış ve böylece toprağın güçlü mesafeye bağlı değişkenlik derecesine sahip alanların kolayca yönetilebilir ve doğru tarım için bu alanlara özgü gübreleme planı geliştirilebilmiştir.

Sanchez ve ark. (2012), 200 hektarlık bir alanda biri iç bükey, diğeri dışbükey 2 rölyef belirlemiştir. Topraklar 50 m aralıklarla toplamda 623 noktadan grid olarak alınmış ve örneklerle kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen veriler tanımlayıcı istatistikler ve jeostatistik modelleme kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlara göre; rölyef formlar jeostatistik analize dâhil edildiğinde toprakta kalker, fosfor ve potasyum uygulamasının etkisinde artış olduğu gözlemlenmiştir.

Liu ve ark. (2010), toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişim derecelerini incelemiştir. On dört toprak özelliği örneklenip jeostatistikle analiz edilmiştir. Toprak organik maddesi aktif organik maddeyle, toplam azotla, yarayışlı azotla, yarayışlı fosforla, yarayışlı potasyum, bakır, demir ve manganla önemli pozitif korelasyonlar vermiştir.

Sarmadian ve ark. (2010), jeostatistik kullanarak CaCO_3 dağılımını yarı kurak bölgedeki yüzey toprakları için haritalamışlardır. Araştırmacılar sırasıyla CaCO_3 dağılımını mesafeye bağlı olarak incelemeyi, kriging ve cokriging metotlarını kıyaslamayı ve yüzey topraklarının CaCO_3 dağılımını devamlı haritalama yöntemiyle

haritalamayı amaçlamışlardır. Örnekleme katmanlı rastgele örnekleme deseni olarak seçilmiştir. Toprak profilinde 0-15 cm derinlikten 23 örnek alınmış ve EC ikincil değişken olarak kullanılmıştır. Metotların karşılaştırılması için birebir doğrulama (cross-validation), korelasyon katsayısı ve ortalama kareler toplamının karekökü (RMSE) kıstasları kullanılmıştır. Sonuç olarak cokriging kriging metoduna göre daha yüksek bir korelasyon kat sayısı ($r= 0,76$) ve daha düşük RMSE (4,1) değerleriyle daha hassas doğrulukta bir kireç dağılım haritası üretmişlerdir.

Wang ve ark. (2009), farklı arazi kullanım koşullarında toprakların toplam azot ve fosfor içeriğini incelemişlerdir. Liudaogou havzasından (6,89 km² alandan) aldıkları 689 yüzey toprağında klasik istatistik ve jeostatistik kullanarak platodaki tarım, çayır ve çalılık alanların topraklarının mesafeye bağlı toplam azot ve fosfor içeriklerinin heterojenliklerini ortaya koymuşlardır. Çayır örtüsü altındaki topraklar hariç diğer kullanımlarda azot ve fosfor içeriği normal dağılım göstermiştir. Toprakların azot içeriklerinin organik madde içeriğiyle, toplam fosfor içeriği ise daha çok ince taneciklerin miktarı ile ilişkili bulunmuştur. Farklı arazi kullanım koşullarında her iki parametrede orta derecede bir değişkenlik göstermiştir ve sıralama azdan çoğa doğru; tarım alanı, çayır ve çalılık olarak belirlenmiştir.

Jiang ve ark. (2008), 1982-2005 yılları arasında Xiaojiang havzası topraklarının toplam K, toplam P, toplam nitrojen, organik madde ve pH'nın zamansal ve mekânsal değişkenliği GIS ve jeostatistik yöntemlerle analiz etmişlerdir. Zamansal olarak toprak pH'sı ve toplam K'nın artma eğilimi gösterdiği; buna karşılık organik madde, toplam azot ve fosfor miktarının ise azalma eğiliminde olduğu bildirilmiştir. Fertilite indeksleri için semivariogram modellerinin parametreleri ve mesafeye bağlılık paterni 20 yıllık süreçte önemli ölçüde değişmiştir. Tüm bu değişimlerin yönlendirici faktörünün arazi kullanımındaki ve toprak yönetimindeki değişimler olduğu bildirilmiştir.

Ortega ve Santibanez (2008), 2002-2003 ve 2003-2004 üretim sezonu boyunca Metropolitan ve Şili'nin 60'ıncı bölgesi arasındaki 13 ticari alandan alınan örneklerle toprağın 6 kimyasal özelliği analiz edilmiştir. Ölçülen toprak verimliliği değişkenleri kriging ve lineer variogramları kullanılarak verim örnekleme noktasına interpolate edilmiştir. Üç imar yönteminin (küme analizi, temel bileşen analizi, varyasyon katsayısı yöntemi) toprak verimliliği açısından homojen yönetim bölgelerinin çizilmesinde yeterli

olduğunu göstermiş ve deney yerlerinin çoğunda herhangi bir yöntem ile verim seviyelerini ayırt etmek mümkün olmuştur.

Huang ve ark. (2007), Çin'in Yangtze Nehri'nin delta bölgesinin Jiangsu Eyaleti'nin Rugao Kentinin tarım arazisinde 1982 yılından 1997-2002 ye kadar geçen süreçte toprak organik maddesinin ve toplam azot içeriğinin zamansal ve yersel değişimini incelemişlerdir. Toprak organik maddesinin 20 yıllık süreçte sürekli olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. 1982-1997 yılları arasında organik madde ve toplam azot miktarının orta-batıdaki arazilerde, organik atıkların topraklara ilave edilmesi ve ekim nöbetinin mısır-buğdaydan, çeltik-buğdaya değişmesi nedeniyle hızla arttığı belirlenmiştir. 1997 yılından sonraki süreçte ise doğu ve kuzey tarafta yer alan arazilerde organik madde hasat artışı ilavesi ve yönetim şeklinin değişmesine bağlı olarak hızla artarken, orta batıda yavaş artmış hatta bazı kısımlarında hasat artıklarının azalan miktarlarda ilavesine bağlı olarak azalmıştır. Toplam azot içeriği de genelde organik madde ile paralel bir davranış sergilemiştir. Toprak organik maddesinin hasat artıklarının ve organik gübrelerin toprağa ilavesiyle; toplam azotun ise organik gübre uygulamasıyla birlikte yapılan ticari gübre uygulamasıyla arttığı sonucuna varılmıştır.

Cox ve ark. (2006), 2 yıl boyunca 3 tipik Misisipi alanında seçilen fiziksel ve kimyasal özelliklerin yersel değişkenliğini ve verimi etkileyen faktör veya faktörleri belirlemeye çalışmışlardır. Araziler 1 hektarlık ızgara alan üzerinde örneklenmiş ve topraklarda pH (suda 1:1), Ca, K, Mg, Na, P, kil içeriği ve örneklem noktasının yüksekliği belirlenmiştir. Veri setine uygulanan tanımlayıcı istatistik analizlerden varyasyon katsayısı en az değişimin pH'da en fazla değişimin ise fosfor miktarında olduğunu göstermiştir. Temel bileşen analizi ile benzer özellikler gruplandıktan sonra regresyon analizinde kullanılmıştır. Kademeli regresyon analizinde verimi belirleyen temel bileşenlerin topografya, kil miktarı, yarayışlı P ve K olduğunu göstermiştir.

Cox ve ark. (2003), toprak özelliklerinin yersel değişimiyle ürün arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bu amaçla üç farklı arazinin 0,5 hektarlık alanlarının merkezlerinden toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir Ca, Mg, K, P ve pH (suda) ve tekstürünü belirlemişlerdir. Bu çalışma ile toprak örneği alınan noktaların arazideki yükselti farkı, eğim ve verim değerleri belirlenmiştir. Elde edilen verilere; varyasyon katsayısı, korelasyon katsayısı ve temel bileşen analiziyle birlikte kademeli regresyon analizleri uygulanmıştır. Arazilerden ikisi yeterli-orta seviyede P ve K değerlerine sahip

olmasına rağmen düşük verim değerlerine, üçüncüsünün ise düşük P ve K değerlerine rağmen oransal olarak daha yüksek verim değerlerine sahip olduğunun belirlenmesi, ürünü etkileyen faktörün bu ikisinin dışında bir faktör olduğuna işaret ettiği bildirilmiştir. Kuzey kısımlarda pH dışındaki toprak özelliklerinin daha yüksek değişkenliğe sahip olduğu bildirilmiştir. Bu alanlarda K'nın kısa mesafelerde zamansal ve yersel değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. pH'da çok az bir değişkenlik olmasına rağmen üründen ürüne, yıldan yıla ve araziden araziye farklılık gözlenmiştir. Verimlilik parametrelerinin ürünle ilişkisini belirlemek için, diğer toprak faktörlerinin de göz önünde bulundurulması gerektiği rapor edilmiştir. Topoğrafya-verim ilişkilerinin de araziden araziye farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, kil miktarının yüksek olduğu alanlarda her üç arazide verimin yüksek olması nedeniyle kil içeriğinin problemli alanların yönetiminde bir anahtar rolü oynayabileceği sonucuna varmışlardır.

Castrignano ve ark. (2000), İtalya'da bulunan 4 hektarlık bir alanda 0-10 cm ve 10-30 cm derinlikten aldıkları toprak örneklerinde pH, kation değişim kapasitesi (KDK), toplam N, Olsen P, değişebilir K ve Na parametrelerini belirlemişlerdir. Klasik istatistik ve jeostatistik analizler, gübrelemeden gelen makro ve mikro besin elementlerinin Na, N ve KDK gibi toprak özelliklerindeki kısa vadeli varyasyonun temel nedeni olduğunu bildirmişlerdir.

Mapa ve Kumaragamage (1996), tropikal bir Alfisol toprakta değişen bitki örtüsünün toprak pH, elektriksel iletkenlik (EC), kil içeriği, organik C ve yarıyışlı P değerlerine olan etkisini 45x45 m'lik grit örnekleme ile alınan 132 toprak örneğinde incelemişlerdir. Değişkenler jeostatistik ile mekânsal bağımlılık yarı-variogramlar ve geleneksel istatistik metoduyla değerlendirilmiştir. pH dışındaki tüm özellikler mesafeye bağlı bir değişim göstermiştir. EC nin mesafeye bağlı değişimi kısa mesafede diğer parametrelerle kıyaslandığında daha zayıf bir model vermiştir. Organik karbon ise en kısa mesafede bağımlılık göstermiştir. Ölçülmeyen alanların değerleri yarı-variogramlardan elde edilen veriler blok kriging kullanılarak tanımlanmış ve kullanılmıştır. Bu da EC'nin ekim nöbeti kullanılan bu alanlarda bitkisel üretim için sınırlayıcı bir faktör olmadığını göstermiştir. Karbon yer yer tarımsal kullanımda sıkıntı oluşturabilecek bölgelere sahip iken fosfor arazinin genelinde tarımsal üretimi kısıtlayıcı bir faktör olarak belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

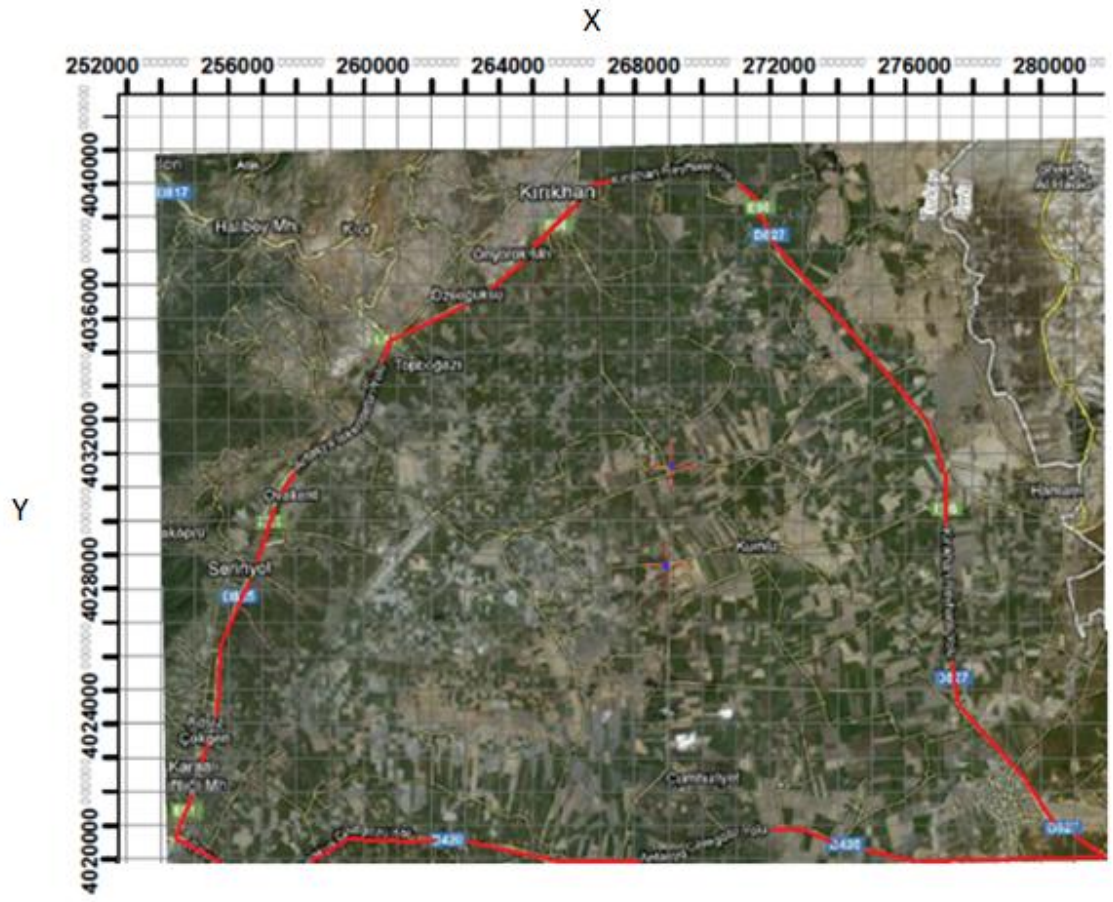
3.1. Hatay İli ve Amik Ovasının (Çalışma Alanı) Özellikleri

Akdeniz Bölgesinde yer alan Hatay İlinin yüzölçümü 5403 km²' dir ve il arazisi 35° 52' ile 37° 04' kuzey enlemleri, 35° 40' ile 36° 35' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Hatay ili doğusunda ve güneyinde Suriye, kuzeydoğusunda Gaziantep, kuzey ve kuzey batısında Osmaniye ve Adana, batısında ise Akdeniz ile çevrilmiştir.

Amik Ovası; yüksekliği 82 m olup batısından Amanos Dağları, Kuzeyden Karasu, doğudan Afrin Vadisi ve Güneyden de Asi Vadisi ve Keldağ çıkıntılarınca çevrelenmiştir. Alanı 112.350 hektar olan Amik Ovasında Akdeniz iklimi özellikleri görülmekte olup, yıllık yağış ortalaması kuzey ve batısında 600-800 kg/m²'dir (Anonim, 2011).

3.2. Toprak Örneklerinin Alınması

Hatay ili sınırları içerisinde bulunan Amik Ovası toprak serilerinde (Kılıç ve ark., 2008) 2 km x 2 km aralıklarla gritler oluşturulmuştur. Oluşturulan gritlerin kesişim noktalarının koordinatları belirlenmiştir (Şekil 3.2). Ayrıca ovanın sınır görüntüsü Şekil 3.1.' de verilmiştir. GPS aleti ile grit kesişim noktaları bulunarak tarım arazisi olarak kullanılan yerlerden 2013 buğday hasadı sonrasında toprak yüzeyindeki bitki artıkları temizlenerek 0-20 cm'den toprak örneği (N=179) alınmıştır. Alınan toprak örneği plastik poşetlere konularak ve etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir. Daha sonra laboratuvara getirilen toprak örnekleri, analiz edilmeden önce hava kuru hale kadar kurutulmuş ve analiz türüne göre, çapı 2, 0,5 mm ve 150 µm'lik elekten geçirilmiştir. Toprak örnekleri uygun koşullarda analize kadar saklanmıştır (Kacar, 2009).



Şekil 3.1. Toprak örneklerinin alındığı ovanın sınır görüntüsü

3.3. Toprak Analizlerinde Kullanılan Kimyasallar

Toprak analizleri sırasında kullanılan kimyasallar Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Toprak analizlerinde kullanılan kimyasallar

Kimyasal Adı	Üretici Firma	Katalog No
Selenyum SRM (Uçucu Kül)	BCR 176	0262
Sodyum Selenat	Alfa Aesar	12613
Sodyum Selenit	Alfa Aesar	12585
Sodyum Selenid	Alfa Aesar	36187
Sodyum Standardı (Alev Fotometresi için)	BWB05Na	110044
Kalsiyum Standardı (Alev Fotometresi için)	BWB02Ca	110045
Potasyum Standardı (Alev Fotometresi için)	BWB04K	110017
Sodyum Hegza Meta Fosfat	Zag Kimya	10124-56-8
Perklorik Asit	Merck	100518
Hidroklorik Asit	Merck	100317
Nitrik Asit	Merck	100443
Potasyum Klorür	Merck	104936
Demir (II) Sülfat	Merck	103965
Potasyum Dihidrojen Fosfat	Merck	104873
Di Potasyum Hidrojen Fosfat	Merck	105101
Potasyum Persülfat	Merck	105091
Amonyum Asetat	Merck	101116
Sodyum Hidrojen Karbonat	Merck	106323
Amonyum Molibdat	Merck	118002
Potasyum Antimon Tartarat	Merck	108092
Askorbik Asit	Carlo Erba	402404
Potasyum Dikromat	Merck	104951
Sülfürik asit	Merck	100748
Baryum Difenil Amin Sülfonat	Merck	100255

3.4. Toprak Analizlerinde Kullanılan Çözeltiler

Toprak analizleri sırasında kullanılan çözeltiler aşağıdaki Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Toprak analizlerinde kullanılan çözeltiler

Toprak Analizlerinde Kullanılan Çözeltiler
<u>0,1 M Fosfat Tampon Çözeltisi:</u> 13,6 g KH_2PO_4 ve 17,4 g K_2HPO_4 tartılıp ayrı ayrı 1 L saf suda çözülerek hazırlanmıştır. Sonra birbiri üzerine ilave edilerek pH'ı 7' ye ayarlanmıştır.
<u>0,1 M Persülfat Çözeltisi:</u> 27 g persülfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) tartılıp saf suda çözülerek, son hacim 1 L'ye tamamlanmıştır.
<u>6 M Hidroklorik Asit Çözeltisi:</u> % 37' lik ve yoğunluğu $1,17 \text{ g/cm}^3$ olan hidroklorik asit (HCl), 1:1 (v/v) oranında saf su ile karıştırılarak hazırlanmıştır.
<u>Nitrik Asit Çözeltisi :</u> % 65'lik ve yoğunluğu $1,49 \text{ g/cm}^3$ nitrik asit (HNO_3) kullanılmıştır.
<u>0,25 M Potasyum Klorür Çözeltisi:</u> 18,625 g potasyum klorür (KCl) tartılıp, 1 L saf suda çözülerek hazırlanmıştır.
<u>0,7 M Potasyum Di Hidrojen Fosfat Çözeltisi:</u> 96,26 g potasyum di hidrojen fosfat (KH_2PO_4) tartılıp saf suda çözülmüş ve pH'ı 5'e ayarlanmıştır.
<u>2,5 M Hidroklorik Asit Çözeltisi:</u> 207 ml derişik hidroklorik asit (HCl) 1 L saf su ile seyreltilerek hazırlanmıştır.
<u>% 5'lik Persülfat Çözeltisi:</u> 5 g persülfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) tartılarak, 100 mL saf suda çözülerek hazırlanmıştır.
<u>0,1 M Persülfat Çözeltisi:</u> 27 g persülfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) tartılıp, 1 L saf suda çözülerek hazırlanmıştır.
<u>2 M Nitrik Asit Çözeltisi:</u> 150 mL derişik nitrik asit (HNO_3) alınıp, son hacim 1 L'ye tamamlanarak hazırlanmıştır.
<u>Perklorik Asit Çözeltisi:</u> % 60'lık ve yoğunluğu $1,67 \text{ g/cm}^3$ perklorik asit (HClO_4) kullanılmıştır.

Çizelge 3.2. (Devam) Toprak analizlerinde kullanılan çözeltiler

1 N Amonyum Asetat çözeltisi: 77,08 g amonyum asetat tartılmış, 1000 mL'lik bir ölçü balonuna alınmış, saf su ile çözülerek 800 mL'ye tamamlanmıştır. pH<7,0 ise seyreltik Amonyak ile, pH>7,0 ise seyreltik HCl ile çözeltinin pH'ı 7,0 olacak şekilde ayarlanmış ve 1000 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır.

Seyreltik Amonyak: 3 mL derişik amonyak 30 mL'ye saf su ile seyreltilerek hazırlanmıştır.

Seyreltik HCl çözeltisi: 3 mL derişik HCl 30 mL saf su ile karıştırılarak hazırlanmıştır.

Stok K, Na, Mg, Ca, çözeltileri: 1000 mg/L lik bu çözeltiler hazır olarak alınmıştır.

0,5 M Sodyum Bikarbonat Çözeltisi: 42 g sodyum bikarbonat 1000 mL'lik ölçü balonunda saf su ile çözölüp, gerekiyorsa çözeltinin pH'ı sodyum hidroksit çözeltisi ile pH metre kullanılarak pH=8,5'e ayarlanmış ve saf su ile 1000 mL'ye tamamlanmıştır.

2,5 M Sülfürik Asit Çözeltisi: 70 mL derişik sülfürik asit (18 M) 500 mL ye saf su ile seyreltilerek hazırlanmıştır.

Amonyum Molibdat [(NH₄)₆ Mo₇O₂₄. 4H₂O] Çözeltisi: 1 L'lik ölçü balonuna 20 g amonyum molibdat tartılmış ve 500 mL saf suda çözölmüştür.

Potasyum Antimon Tartarat [K(SbO)C₄H₄O₆ ½ H₂O]: 0,2728 g potasyum antimon tartarat 100 mL deiyonize suda çözölmüştür.

Askorbik Asit (C₆H₈O₆) Çözeltisi: 1,76 g askorbik asit 100 mL saf suda çözölmüştür. Çalışmadan hemen önce hazırlanmış ve 24 saat içerisinde kullanılmıştır.

Renklendirme çözeltisi: 50 mL 2,5 M sülfürik asit, 15 mL amonyum molibdat çözeltisi, 30 mL askorbik asit ve 5 mL antimon tartarat çözeltisi karıştırılmıştır.

% 10'luk Hidroklorik Asit Çözeltisi: Hacimce yaklaşık olarak 1:3 oranında hidroklorik asit:su karıştırılarak hazırlanmıştır.

1 N Potasyum Dikromat Çözeltisinin Hazırlanması: 105°C'de kurutulmuş potasyum dikromattan 49,04 g tartılmış ve hacmi saf su ile litreye tamamlanarak hazırlanmıştır.

Demir Sülfat Çözeltisinin Hazırlanması: 140 g demir sülfatı litrelik bir balon jojeye aktarıp, bir miktar saf su ile çözölerek üzerine derişik sülfürik asitten 15 mL ilave edilmiştir. Soğuduktan sonra balon joje saf su ile çizgisine tamamlanarak hazırlanmıştır.

% 0,16'lık Baryum Difenilamin Sülfonat Çözeltisinin Hazırlanması: 0,16 g baryum difenilamin sülfonatu 100 mL saf su ile çözölerek hazırlanmıştır.

3.5. Toprak Analizlerinde Kullanılan Cihazlar

Toprak analizleri sırasında kullanılan cihazlar Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Toprak analizlerinde kullanılan cihazlar

Cihaz Adı	Marka	Model
HRC-AAS	Analytik Jena	Contraa 700
UV-VIS spektrofotometre	Thermo Scientific	Evolution 160
MP-AES	Agilent	4100
pH-metre	Hanna	pH 211
EC Metre	Hanna	EC 214
Saf Su Cihazı	PureLab	LA 621
Hassas Terazı	Kern	PLJ 600-3NM
Hassas Terazı	And	200GR
Etüv	Nüve	FN 500
Santrifüj	Hettich Zentrifügen	RotoFix 32 A
Isıtıcılı manyetik karıştırıcı	Wisestir	MSH-20 A
Çalkalama Cihazı	Edmund Bühler	TYP KS-15 A
Alev Fotometresi	BWB	XP 2011

3.6. Toprak Analizleri

Toprak örneklerinde selenyum analizinin yanı sıra, fiziksel ve kimyasal analiz olarak tanımlayıcı toprak özelliklerinden organik madde miktarı, yarıyışlı fosfor, elektriksel iletkenlik, değişebilir katyonlar toplamı, tekstür, pH, kireç parametreleri aşağıda verilen yöntemlerle belirlenmiştir.

3.6.1. Toprak Örneklerinde Selenyum Analizleri:

3.6.1.1. Ardışık Ekstraksiyon Metodu

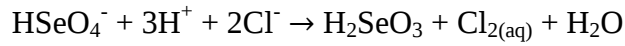
Ardışık ekstraksiyon prosedürü: Ardışık ekstraksiyon işlemi Martens ve ark. tarafından geliştirilen yönteme göre yapılmıştır (Martens ve ark., 1997). Uygulanacak olan her işlem basamağında kullanılacak çözeltiler aşağıda verilmiştir.

Ekstraksiyon Basamakları:

Basamak 1 (Fosfat Tamponu Ekstraksiyonu)(Değişebilir ve Çözünebilir Se^{4+} , Se^{6+} ve Se^{2-} Fraksiyonu): 150 μm 'lik elekten elenmiş 0,1-5 g toprak numunesi tartılarak teflon santrifüj tüpüne aktarılmıştır. Üzerine 25 mL 0,1 M (pH 7) fosfat tampon çözeltisi konmuştur. 1 saat oda sıcaklığında 130 rpm'de horizontal olarak çalkalanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken husus çözelti ilavesi ile çalkalama işlemi arasında bir gecikme meydana gelmemesidir. Sulu faz 5000 rpm'de 20 dk santrifüj ile katı fazdan ayrılarak polietilen saklama kabına (50 mL) konmuştur. Santrifüj tüpünde kalan katı kısım 5 mL saf su ile tekrar 2 dk çalkalanmıştır. Santrifüj edilerek dekante edilmiş, her iki sulu faz aynı kapta toplanmış ve bir sonraki işlem basamağı için analiz yapılncaya kadar +4 °C' de saklanmıştır.

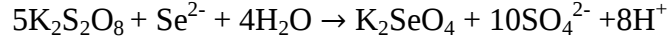
Fosfat tamponu ile ekstrakte edilmiş sulu fazlarda;

- Se (4+) miktarını belirlemek için; 0,1-2 mL sulu faz alınıp ve son hacim 25 mL oluncaya kadar 6 M hidroklorik asit ile tamamlanmıştır. Burada Se (4+) miktarı direkt okumayla bulunmuştur.
- Se (6+) miktarını belirlemek için; 0,1-2 mL sulu faz alınıp, üzerine son hacim 25 mL oluncaya kadar 6 M hidroklorik asit ilave edilmiş ve 90 °C' de 30 dk süreyle kum banyosunda ısıtma işlemi yapılmıştır. Böylelikle ortamda bulunan Se (6+), Se (4+)'e indirgenmiştir.

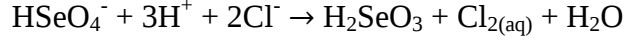


Burada Se (4+) ölçümü yapılmıştır. İki ölçüm sonuçlarının farkı alınıp Se (6+) miktarı belirlenmiştir.

- Se (2-) miktarını belirlemek için; 0,1-2 mL sulu faz alınıp, üzerine 1 mL 0,1 M persülfat ilave edilmiş ve 90 °C' de 30 dk süreyle kum banyosunda ısıtma işlemi yapılmıştır. Böylelikle Se (2-), Se (6+)'ya yükseltgenmiştir.

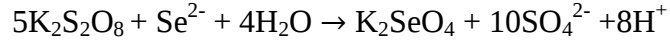


Daha sonra, 6 M hidroklorik asit ilave edilmiş ve 90 °C’ de 30 dk süreyle kum banyosunda ısıtma işlemi yapılmıştır. Böylelikle ortamda bulunan Se (6+), Se (4+)’e indirgemıştır.

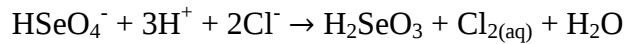


Burada Se (4+) ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümden ikici ölçüm sonucu çıkarılıp, ortamda bulunan Se (2-) miktarı belirlenmiştir.

Basamak 2 (Persülfat Oksidasyonu)(Organik Maddeye Bağlı ya da Adsorblanmış Se²⁻ Fraksiyonu): Fosfat tamponu ile ekstrakte edilmiş toprak örneğine 25 mL 0,1 M persülfat ilave edilmiş ve 90 °C’ de 2 saat süreyle kum banyosunda ısıtma işlemi yapılmıştır. Persülfat-toprak karışımı 5000 rpm’de 20 dk santrifüj edilmiş ve sulu faz dekantasyon yoluyla ayrılmıştır. Santrifüj tüpünde kalan katı kısım 5 mL saf su ile tekrar 2 dk çalkalanmış, santrifüj edilerek dekante edilmiş, her iki sulu faz aynı kapta toplanmıştır. Persülfat ilavesiyle ortamda bulunan Se (2-), Se (6+)’ya yükseltgenmiştir.



Daha sonra; ekstraksiyon sıvısından 0,5-2 mL alınıp ve son hacim 25 mL oluncaya kadar 6 M hidroklorik asit ilave edilmiştir ve 90 °C’ de 30 dk süreyle kum banyosunda ısıtma işlemi yapılmıştır. Böylelikle ortamda bulunan Se (6+), Se (4+)’e indirgemıştır.

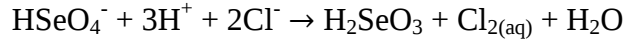


Burada Se (4+) ölçümü yapılmıştır.

Basamak 3 (Nitrik Asit Oksidasyonu)(Artakalan Selenyum Fraksiyonu): Fosfat tamponu ve persülfat oksidasyonundan arta kalan toprağa, 2,5 mL derişik nitrik asit ilave edilmiş, 90 °C’ de 30 dk süreyle kum banyosunda ısıtılmış ve tamamen soğutulmuştur. Sonra 20 mL saf su ilave edilmiş ve örnek 90 °C’ de 1,5 saat süreyle

kum banyosunda ısıtılmıştır. Bu karışım oda sıcaklığına kadar soğutulup, 5000 rpm’da 20 dk santrifüj edildikten sonra dekante edilmiştir.

Ekstraksiyon sıvısından 0,1-1 mL üzerine, toplamda 25 mL olacak şekilde 6 M hidroklorik asit ilave edilmiş ve 90 °C’de 30 dk süreyle kum banyosunda ısıtma işlemi yapılmıştır. Se (6+), Se (4+)’e indirgemıştır.



Ardından ölçüm Se (4+) olarak yapılmıştır. Nitrik asit işlemleriyle çözünen dayanıklı selenyum, Se⁰ olarak tanımlanmıştır.

HRC-AAS cihazıyla yapılan selenyum analizlerinde; sonuçların gerekli seyreltme işlemleri yapılarak kalibrasyon aralığında olması sağlanmıştır.

3.6.1.2. SM&T Ardışık Ekstraksiyon Metodu

Ardışık ekstraksiyon prosedürü: Ardışık ekstraksiyon işlemi The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) tarafından geliştirilen yöntemle göre yapılmıştır. Uygulanacak olan her işlem basamağında kullanılan çözeltiler aşağıda verilmiştir.

Ekstraksiyon Basamakları:

Basamak 1 (Çözünebilir Selenyum) (Se⁴⁺, Se⁶⁺ ve Se²⁻): 150 µm’lik elekten elenmiş 1 g toprak numunesi tartılarak santrifüj tüpüne aktarılmıştır. Üzerine 10 mL 0,25 M KCl çözeltisi konulup, 200 rpm’de 1 saat oda sıcaklığında çalkalanmıştır. Sulu faz 4000 rpm’de 10 dk santrifüj edildikten sonra 0,45 µm filtre kâğıdıyla süzölmüştür. Santrifüj işleminden sonra süzülen toprak, bir sonraki basamak için analiz yapılana kadar soğukta bekletilmiştir. Bu işlemle suda çözünür selenyum ekstrakte edilmiştir.

Basamak 2 (Değişebilir ve Karbonatlara Bağlı Selenyum) (Se⁴⁺, Se⁶⁺ ve Se²⁻): Birinci basamaktan arta kalan toprak üzerine 10 mL 0,7 M KH₂PO₄ ilave edilip oda sıcaklığında 200 rpm’de 4 saat süreyle çalkalanmıştır. Sulu faz 4000 rpm’de 10 dk santrifüjlenip, 0,45 µm filtre kâğıdıyla süzölmüştür. Santrifüj işleminden sonra süzülen

toprak, bir sonraki basamak için analiz yapılana kadar soğukta bekletilmiştir. Bu işlemle değişebilir ve karbonat bağlı selenyum ekstrakte edilmiştir.

Basamak 3 (Demir/Mangan Oksitlere Bağlı Selenyum) (Se^{4+}): İkinci basamaktan arta kalan toprak üzerine, 10 mL 2,5 M'lık HCl çözeltisi eklenmiş ve su banyosunda belirli aralıklarla çalkalanarak, 90 °C'de 50 dk ısıtılmıştır. Sulu faz 4000 rpm'de 10 dk santrifüjlenip, 0,45 µm filtre kâğıdıyla süzölmüştür. Santrifüj işleminden sonra süzölen toprak, bir sonraki basamak için analiz yapılana kadar soğukta bekletilmiştir. Bu işlemle Fe ve Mn oksitlere bağlı selenyum ekstrakte edilmiştir.

Basamak 4 (Organik Maddeye Bağlı ve Elementel Selenyum) (Se^{2-}): Bir önceki basamaktan arta kalan toprak örneği üzerine 8 mL % 5'lik (w/v) $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi ve 2 mL derişik nitrik asit ilave edilip, ardından 3 saat su banyosunda 95 °C'de ısıtılmıştır. Sulu faz 4000 rpm'de 10 dk santrifüjlenip, 0,45 µm filtre kâğıdıyla süzölmüştür. Santrifüj işleminden sonra süzölen toprak, bir sonraki basamak için analiz yapılana kadar soğukta bekletilmiştir. Bu işlemle organik madde bağlı ve elementel selenyum ekstrakte edilmiştir.

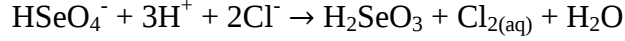
Basamak 5 (Artakalan Selenyum)(Se^0): 4. basamaktan arta kalan toprak örneği üzerine 8 mL derişik HNO_3 ve 2 mL derişik HClO_4 eklenmiştir. 170 °C' de toprağın rengi beyaz ya da gri oluncaya kadar ısıtılmıştır. Oda sıcaklığına kadar soğutulan sulu faz 4000 rpm'de 10 dk santrifüjlenip, 0,45 µm filtre kâğıdıyla süzölüş ve 25 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Bu işlemle önceki basamaklarda ekstrakte edilemeyen selenyum ekstrakte edilmiştir.

Yukarıdaki her ekstraksiyon basamağı sonrası elde edilen sulu fazlarda sırasıyla şu işlemler yapılarak Se (2-), Se (4+) ve Se (6+) miktarları ölçölmüştür.

➤ Se (4+) miktarını belirlemek için; 0,1-2 mL sulu faz alınıp son hacim 25 mL oluncaya kadar 6 M hidroklorik asit ile tamamlanmıştır. Burada Se (4+) miktarı direkt okumayla bulunmuştur.

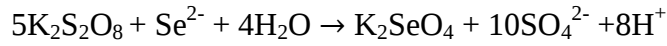
➤ Se (6+) miktarını belirlemek için; 0,1-2 mL sulu faz alınıp, üzerine son hacim 25 mL oluncaya kadar 6 M hidroklorik asit ilave edilmiş ve 90 °C' de 30 dk süreyle kum

banyosunda ısıtma işlemi yapılmıştır. Böylelikle ortamda bulunan Se (6+), Se (4+)’e indirgenmiştir.

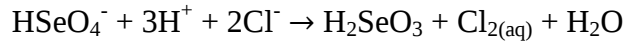


Burada Se (4+) ölçümü yapılmıştır. İki ölçüm sonuçlarının farkı alınarak Se (6+) miktarı belirlenmiştir.

➤ Se (2-) miktarını belirlemek için; 0,1-2 mL sulu faz alınıp, üzerine 1 mL 0,1 M persülfat ilave edilmiş ve 90 °C’ de 30 dk süreyle kum banyosunda ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. Böylelikle Se (2-), Se (6+)’ya yükseltgenmiştir.



Daha sonra, 6 M hidroklorik asit ilave edilip ve 90 °C’ de 30 dk süreyle kum banyosunda ısıtma işlemi yapılmıştır. Böylelikle ortamda bulunan Se (6+), Se (4+)’e indirgemıştır.



Burada Se (4+) ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümden ikici ölçüm sonucu çıkarılıp, ortamda bulunan Se (2-) miktarı belirlenmiştir.

HRC-AAS cihazıyla yapılan selenyum analizlerinde; örneklere gerekli seyreltme işlemleri yapılarak kalibrasyon aralığında olması sağlanmıştır.

3.6.2. pH Tayini

Toprak pH’ı 1:2,5 (w/v) toprak:su süspansiyonunda kombine elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (Ferrara ve ark., 2003).

3.6.3. İletkenlik Tayini

Elektriksel iletkenlik 1:2,5 (w/v) toprak:su süspansiyonunda EC metre ile ölçülmüştür (Morari ve ark., 2008).

3.6.4. Karbonat Tayini

Kalsimetre yöntemiyle toprağın HCl ile reaksiyonundan açığa çıkan volümetrik olarak ölçülen CO₂'nin eşdeğer CaCO₃'a çevrilmesiyle belirlenmiştir (Loeppert ve ark., 1996). Sonuçlar % CaCO₃ olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

CaCO₃ miktarının hesaplanması:

$$\% \text{ Kireç} = (V_0 * 0.4464)/A$$

$$V_0 = (V_t (b - e)273)/760(273 + t)$$

V₀ = Normal şartlara dönüştürülmüş gaz hacmi (cm³)

V_t = Kalsimetrede okunan gaz hacmi (cm³)

b = Barometre basıncı (mmHg)

e = t °C'deki suyun buhar basıncı

A = Tartılan toprak miktarı (g)

3.6.5. Değişebilir K, Na, Mg ve Ca Tayini

Toprağın değişim komplekslerinde değişebilir formda tutulan K, Na ve Ca 1:10 (w/v) toprak:amonyum asetat (1 M) ile ekstrakte edilmiş ve alev fotometresi ile ölçülmüştür. Mg ise MP-AES cihazıyla ölçülmüştür. Sonuçlar mg/kg cinsinden verilmiştir (Thomas, 1982). Sonuçlar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$K, Na, Ca \text{ (mg/kg)} = \text{Alev fotometresi okunan değer} \times 10$$

$$Mg \text{ (mg/kg)} = \text{MP - AES okunan değer} \times 10$$

3.6.6. Toprak Örneklerinde Fosfor Tayini

Olsen ve ark tarafından (1954) geliştirilen bu yöntemde; 1:20 (w/v) toprak: NaHCO₃ (pH 8,5 ve 0,5 M) çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve ekstrakta geçen fosfor, molibdofosforik mavi renk yöntemine (Murphy ve Riley, 1962) göre renklendirilip 880 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir (Olsen ve ark., 1954). Sonuçlar mg/kg cinsinden, aşağıdaki şekilde hesaplanarak belirlenmiştir.

Fosfor miktarlarını hesaplanması:

$$\text{Fosfor} \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) = \text{spektrofotometre okuması} \times \text{SF1} \times \text{SF2}$$

SF1 : 1.Seyreltme faktörü (20)

SF2 : 2.Seyreltme faktörü (5)

3.6.7. Toprak Örneklerinde Organik Madde Miktarının Analizi

Organik madde içeriğine göre, 1-5 g topraktaki (0,5 mm elek ile elenmiş) organik madde miktarı modifiye edilmiş Walkey-Black metodu (Nelson ve Sommers, 1982) ile belirlenmiştir. Sonuçlar % organik madde olarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Organik Madde miktarının hesaplanması:

$$\% \text{ Organik Karbon} = (A - B \times N_k) \times 0,337 / (\text{Tartılan toprak örneği miktarı})$$

$$\% \text{ Organik madde} = \text{Organik karbon} \times 1,724$$

$$\% \text{ Organik Madde} = (A - B \times N_k) \times 0,581 / (\text{Tartılan toprak örneği miktarı})$$

A: Harcanan Potasyum dikromat miktarı (ml)

B: Titrasyonda harcanan Demir sülfat miktarı (ml)

N_k: Demir sülfatın kesin normalitesi. (N_k = 10 / Şahit için harcanan demir sülfat miktarı)

3.6.8. Toprak Tekstürü

Bouyoucos Hidrometre yöntemi ile toprak su süspansiyonunun hidrometre ile okunması sonucu belirlenmiştir (Gee ve Hortage 1986). Bu yöntemde; 50 g toprak hava kuru toprak (HKT) 10 mL %10' luk (w/v) kalgon ve 150 mL su ile 1 gece bekletilerek kimyasal dispersiyon sağlanmış olur. Daha sonra, mikserde 5 dk fiziksel parçalanma işlemine tabi tutulmuş ve çökelme silindrine (1130 mL) aktarılarak son hacim 1130 mL' ye tamamlanmıştır. Toprak suspanse edildikten sonra, 40 sn ve 2.saatte hidrometre ve sıcaklık okumaları yapılmıştır. Kum, silt ve kil fraksiyonlarının oransal miktarları hesaplanmıştır.

$$\% \text{ (Kil + Silt)} = \frac{\text{düzeltilmiş 40 sn hidrometre okuması}}{\text{FKT}} \times 100$$

$$\% \text{ Kil} = \frac{\text{düzeltilmiş 2.saat hidrometre okuması}}{\text{FKT}} \times 100$$

FKT : Fırın kuru toprak

HKT : Hava kuru toprak

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Ölçüm Şartlarının Optimizasyonu

Numunelerde selenyum analizine başlanmadan önce HRC-AAS cihazıyla ilgili en uygun çalışma koşullarının oluşturulması için çeşitli denemeler yapılmıştır. Bunlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

4.1.1. NaBH₄ Derişimin Belirlenmesi

% 0,5 (w/v) NaOH çözeltisi içerisinde değişik konsantrasyonlarda hazırlanan NaBH₄ çözeltilerinin her biri, 6 mol/L HCl içerisinde hazırlanan 1 µg/L Se (4+) standardı ile birlikte analiz edilmiştir. En iyi absorbans veren NaBH₄ konsantrasyonu belirlenmiştir. Yapılan bu denemeler sonucunda en iyi NaBH₄ konsantrasyonunun % 0,5 (w/v) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. NaBH₄ derişimin belirlenmesine yönelik deneme sonuçları

NaBH ₄ konsantrasyonu (%)	Absorbans
0,25	0,085
0,50	0,093
1,00	0,089
1,25	0,086

4.1.2. NaOH Derişimin Belirlenmesi

% 0,5'lik (w/v) NaBH₄ içerisinde hazırlanan değişik konsantrasyonlardaki NaOH çözeltilerinin her biri, 6 mol/L HCl içerisindeki 1 µg/L Se (4+) çözeltileriyle birlikte analiz edilmiştir. En iyi absorbans veren NaOH konsantrasyonu belirlenmiştir. Yapılan bu denemeler sonucunda en iyi NaOH konsantrasyonunun % 0,1 (w/v) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. NaOH derişimin belirlenmesine yönelik deneme sonuçları

NaOH konsantrasyonu (%)	Absorbans
0,05	0,083
0,1	0,092
0,2	0,089
0,3	0,088

4.1.3. HCl Derişiminin Belirlenmesi

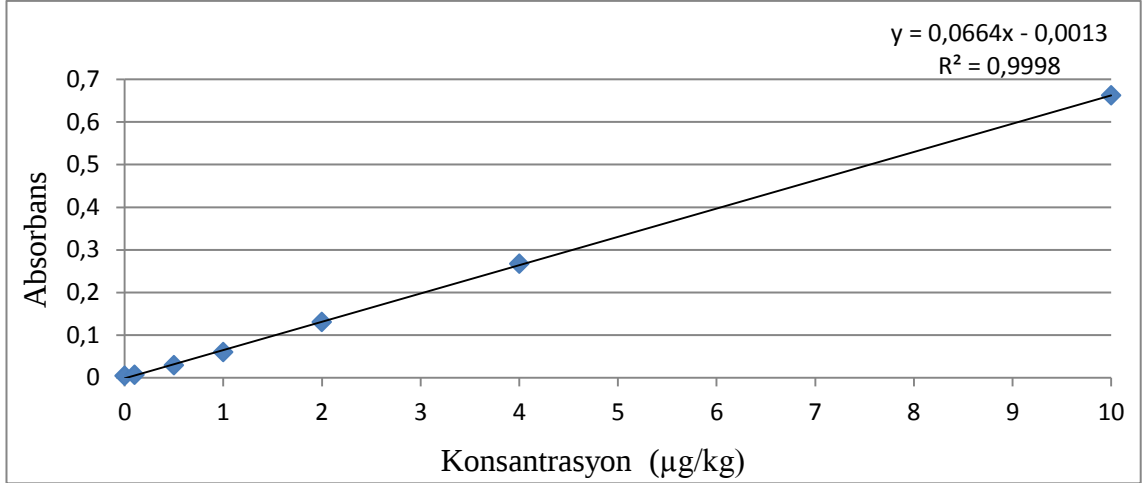
Değişik konsantrasyonlardaki HCl içerisinde hazırlanan 1 µg/L Se (4+) çözeltileri, % 0,5'lik (w/v) NaBH₄ ve % 0,1'lük (w/v) NaOH ile birlikte analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde en iyi HCl konsantrasyonunun 6 mol/L olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. HCl derişimin belirlenmesine yönelik deneme sonuçları

HCl konsantrasyonu (mol/L)	Absorbans
4	0,086
5	0,091
6	0,093
7	0,090

4.2. HRC-AAS Cihazının Kalibrasyon Grafiğinin Oluşturulması

Cihazın çalışma metotları da dikkate alınarak yapılan denemeler neticesinde doğrusallığın elde edildiği en küçük değer olan 0,1 µg/L' den başlayarak 10'ye kadar olacak şekilde, şahit numuneyle birlikte Şekil 4.1. görüldüğü üzere 7 noktalı kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.1. HRC-AAS cihazının kalibrasyon grafiği

4.3. HRC-AAS Cihazının Se (IV) için Gözlenebilirlik Sınırı (LOD) ve Tayin Sınırının (LOQ) Belirlenmesi

20 adet şahit numunesine ait ölçümlerin standart sapması hesaplanarak (0,000203), aşağıda belirtildiği gibi LOD ve LOQ değerleri hesaplanmıştır.

$$LOD = \frac{3s}{m} = \frac{3 \times 0,000203}{0,0664} = 0,0092$$

$$LOQ = \frac{10s}{m} = \frac{10 \times 0,000203}{0,0664} = 0,0305$$

s : şahit numuneye ait ölçümlerin standart sapması

m : doğrunun eğimi

4.4. Metodun Doğruluğunun Araştırılması

Metodun doğruluğu araştırılırken 18,3 mg/kg selenyum içeriğine sahip BCR 176 standart referans maddesi kullanılmıştır. BCR 176' dan 1 µg/kg alınarak yapılan (N=3) denemeler sonucunda 0,958±0,03 µg/kg bulunmuş ve ortalama verimi (%) 95,80±0,03 olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca her iki ardışık ekstraksiyon işlemlerinin tüm basamaklarında gerçekleştirilen yükseltgenme ve indirgenme işlemlerinin de doğruluğunu araştırmak için, aşağıda belirtilen denemeler yapılmıştır.

➤ İçerisindeki Se^{4+} miktarının $1,33 \pm 0,002$ olduğu yapılan analizler sayesinde bilinen toprak örneğine; hazırlanan 1, 2 ve 3 $\mu\text{g/kg}$ Se^{4+} standart çözeltisi eklenerek (N=3) ölçümü yapılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda % geri kazanımın oranları Çizelge 4.4.' te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Se^{4+} standardı ile geri kazanım oranının belirlenmesine yönelik deneme sonuçları

Top. Baş. Se^{4+} Miktarı ($\mu\text{g/kg}$)	Eklenen Se^{4+} Std Miktarı ($\mu\text{g/kg}$)	Ölçülen Se^{4+} Miktar ($\mu\text{g/kg}$)	Geri Kazanım (%)
1,33±0,002	1	2,22±0,02	95,30±0,02
1,33±0,002	2	3,15±0,03	94,50±0,03
1,33±0,002	3	4,20±0,05	96,90±0,05

➤ İçerisindeki Se^{6+} miktarının $1,05 \pm 0,034$ olduğu yapılan analizler sayesinde bilinen toprak örneğine; hazırlanan 1, 2 ve 3 $\mu\text{g/kg}$ Se^{6+} standart çözeltisi eklenerek (N=3) indirgenme işlemleri gerçekleştirilmiş ve ölçümü yapılmıştır. Elde edilen veriler neticesinde % geri kazanım değerleri Çizelge 4.5.' te gösterildiği gibi bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Se^{6+} standardı ile geri kazanım oranının belirlenmesine yönelik deneme sonuçları

Top. Baş. Se^{6+} Miktarı ($\mu\text{g/kg}$)	Eklenen Se^{6+} Std Miktarı ($\mu\text{g/kg}$)	Ölçülen Se^{6+} Miktar ($\mu\text{g/kg}$)	Geri Kazanım (%)
1,05±0,03	1	1,89±0,25	92,10±0,25
1,05±0,03	2	2,84±0,18	93,30±0,18
1,05±0,03	3	3,97±0,39	97,80±0,39

➤ Se^{2-} standardından 1, 2 ve 3 $\mu\text{g/kg}$ standart çözeltisi hazırlanmış ve içerisindeki Se^{2-} miktarı $1,51 \pm 0,061$ $\mu\text{g/kg}$ olduğu bilinen toprak örneğine ilave edilmiştir (N=3). Önce yükseltgenme, ardından indirgenme işlemleri gerçekleştirilmiş

olarak ölçümü yapılmıştır. Elde edilen veriler neticesinde % geri kazanımın oranları Çizelge 4.6.' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Se^{2-} standardı ile geri kazanım oranının belirlenmesine yönelik deneme sonuçları

Top. Baş. Se^{2-} Miktarı ($\mu\text{g/kg}$)	Eklenen Se^{2-} Std Miktarı ($\mu\text{g/kg}$)	Ölçülen Se^{2-} Miktar ($\mu\text{g/kg}$)	Geri Kazanım (%)
1,51±0,06	1	2,34±0,05	93,5±0,05
1,51±0,06	2	3,42±0,12	97,6±0,12
1,51±0,06	3	4,18±0,03	92,5±0,03

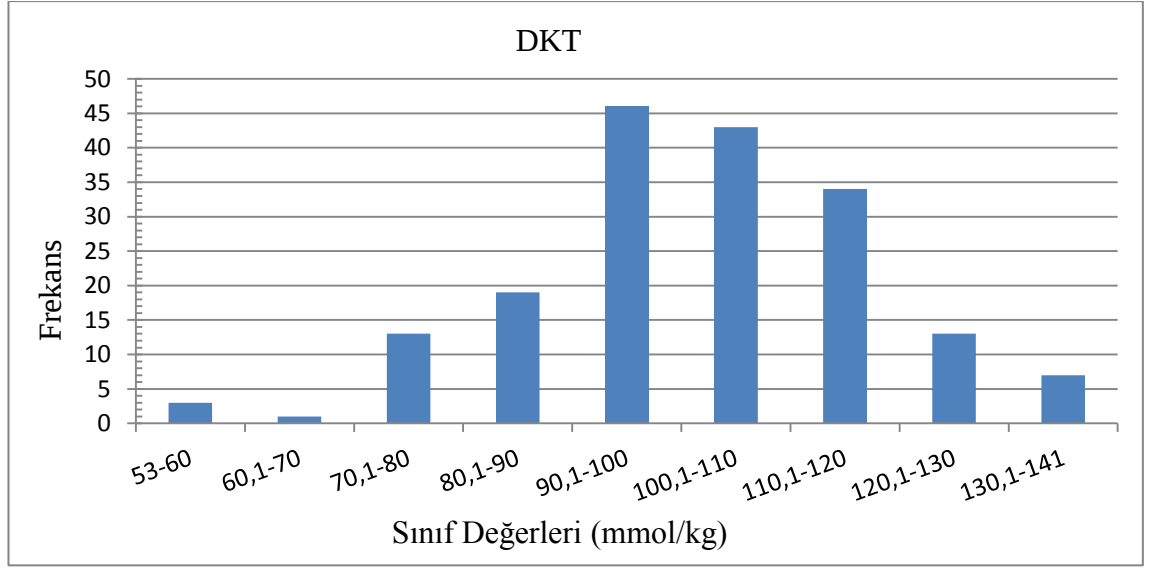
4.5. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan bu çalışmayla elde edilen sonuçlar yorumlanırken, aşağıdaki çizelgeden (Çizelge 4.7.) yararlanılmıştır.

Çizelge 4.7. Toprak analizlerinin değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerler (Lindsay ve Norwell, 1969)

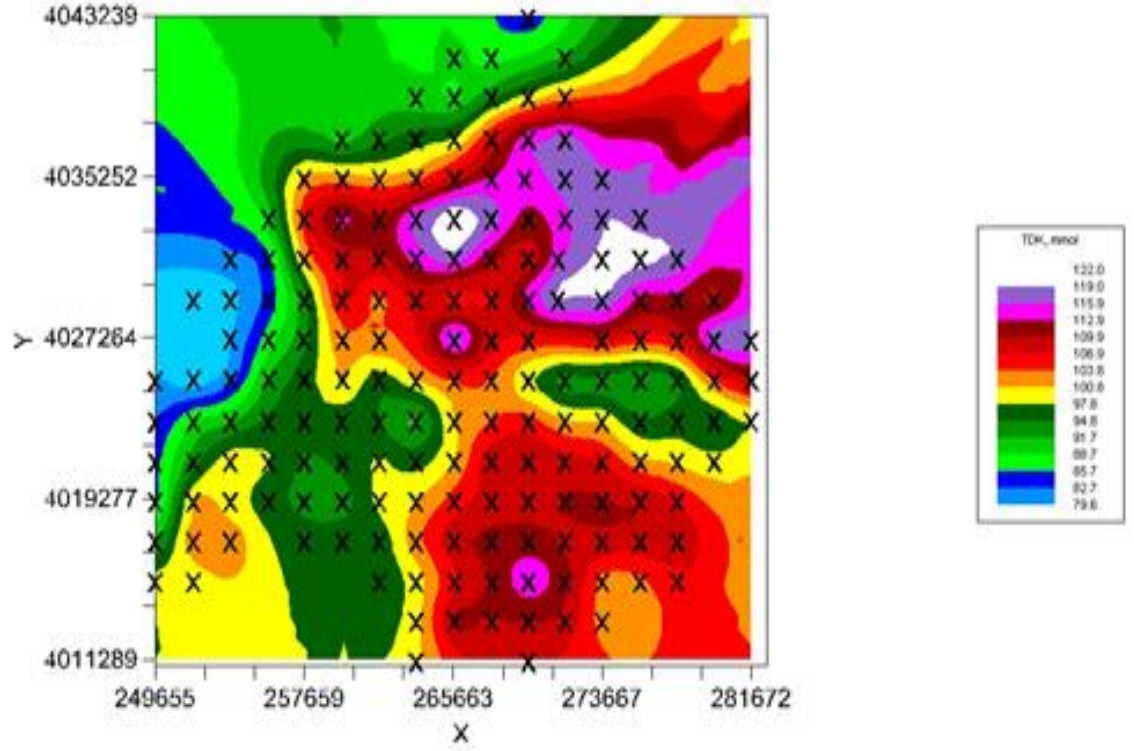
Analiz ve Metot		Sınır Değerler				
OM (%) (Walkley-Black)	Çok Az 0-1	Az 1-2	Orta 2-3	İyi 3-4	Yüksek >4	
DKT (mmol) (CH ₃ COONH ₄)	Çok Az 0-15	Az 15-45	Yeterli 45-125	Fazla 125-340	Çok Fazla >340	
Fosfor (mg/kg) (NaHCO ₃)	Çok Az <2,5	Az 2,5-8	Yeterli 8-25	Fazla 25-80	Çok Fazla >80	
Kireç (%) (Scheibler)	Az Kireçli 0-1	Kireçli 1-5	Orta Kireçli 5-15	Fazla Kireçli 15-25	Çok Fazla Kireçli >25	
pH (1:2,5 Su)	Kuv. Asit <4,5	Orta Asit 4,5-5,5	Hafif Asit 5,5-6,5	Nötr 6,5-7,5	Hafif Alkali 7,5-8,5	Kuv. Alkali >8,5
Tuz (1:2,5 Su)	Tuzsuz 0-0,15	Hafif Tuzlu 0,15-0,35	Orta Tuzlu 0,35-0,65	Çok Tuzlu >0,65		
Tekstür (% sat)	Kum 0-30	Tın 30-50	Killi Tın 50-70	Kil 70-110	Ağır Kil >110	

4.5.1. Değişebilir Katyonlar (Na, K, Ca, Mg) Toplamı (DKT)

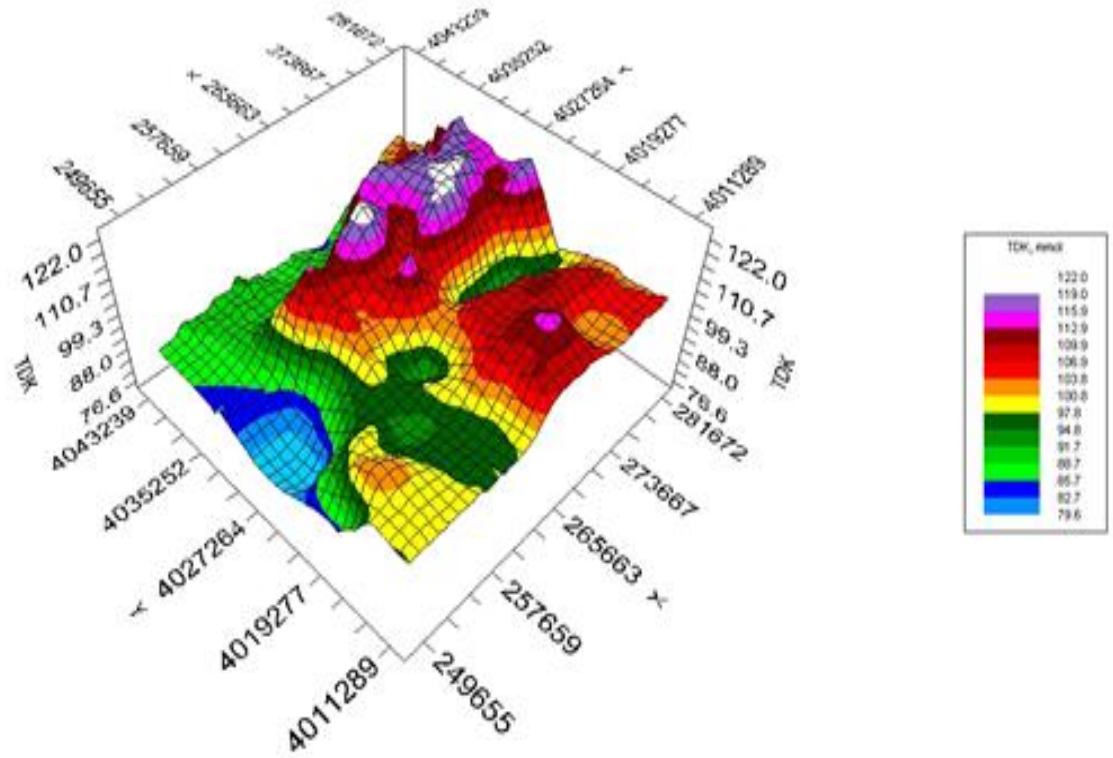


Şekil 4.2. DKT frekans dağılım grafiği

Yukarıdaki frekans dağılım grafiğinden (Şekil 4.2.) de görüleceği üzere; DKT'nin minimum 53,0 mmol/kg, maksimum 140,9 mmol/kg, ve ortalamasının da 101 mmol/kg civarında olduğu tespit edilmiştir. DKT birkaç toprak dışında normal sınırlar içerisinde dağılım göstermektedir. DKT; kil ve silt içeriğiyle doğrudan ilişkilendirilebilir. Yani, kil içeriği ne kadar yüksek ise, DKT değeri de o kadar yüksektir. Ova topraklarının kil içeriği düşük olduğu için DKT değerinin düşük olması normaldir. DKT' ye ait sonuçların Amik Ovası haritası üzerinde dağılımı Şekil 4.3. ve 4.4.' te gösterilmiştir.

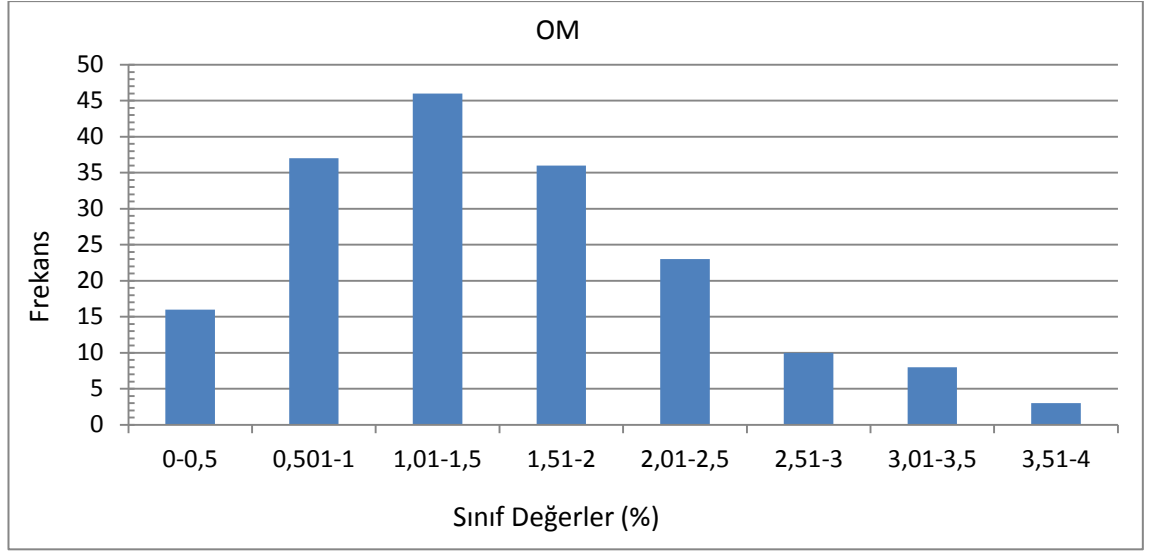


Şekil 4.3. DKT' nin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası



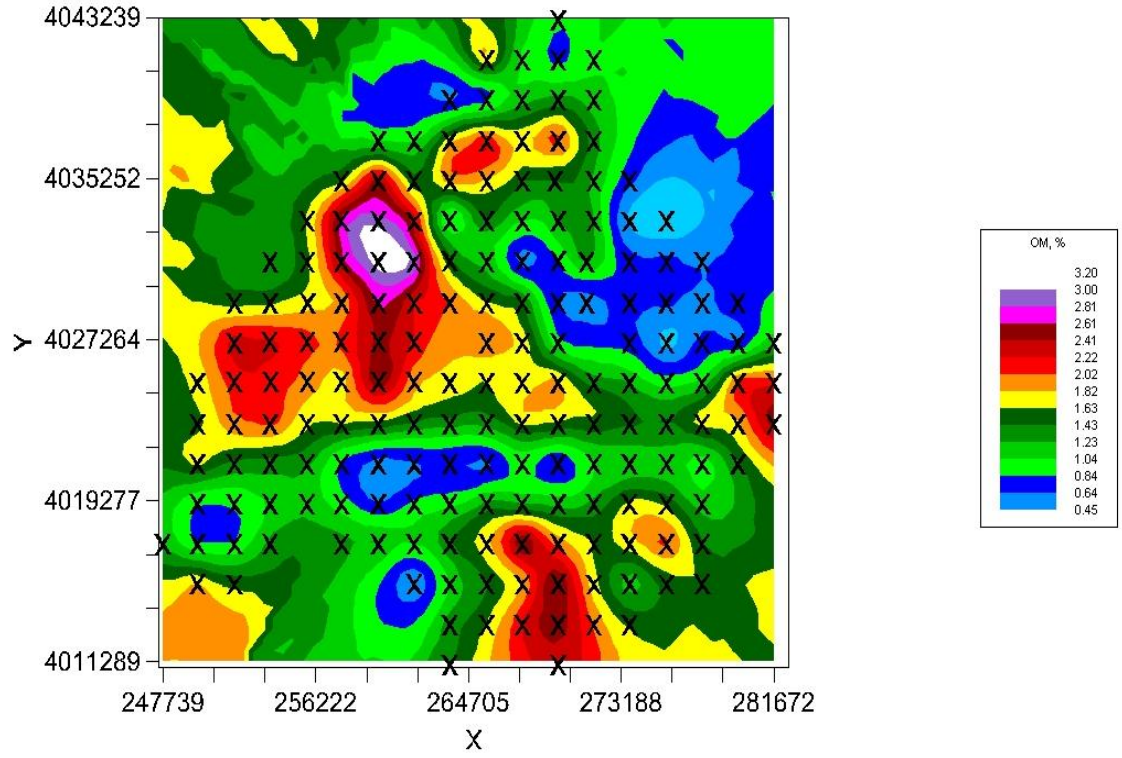
Şekil 4.4. DKT' nin 3 boyutlu dağılım haritası

4.5.2. Organik Madde (OM)

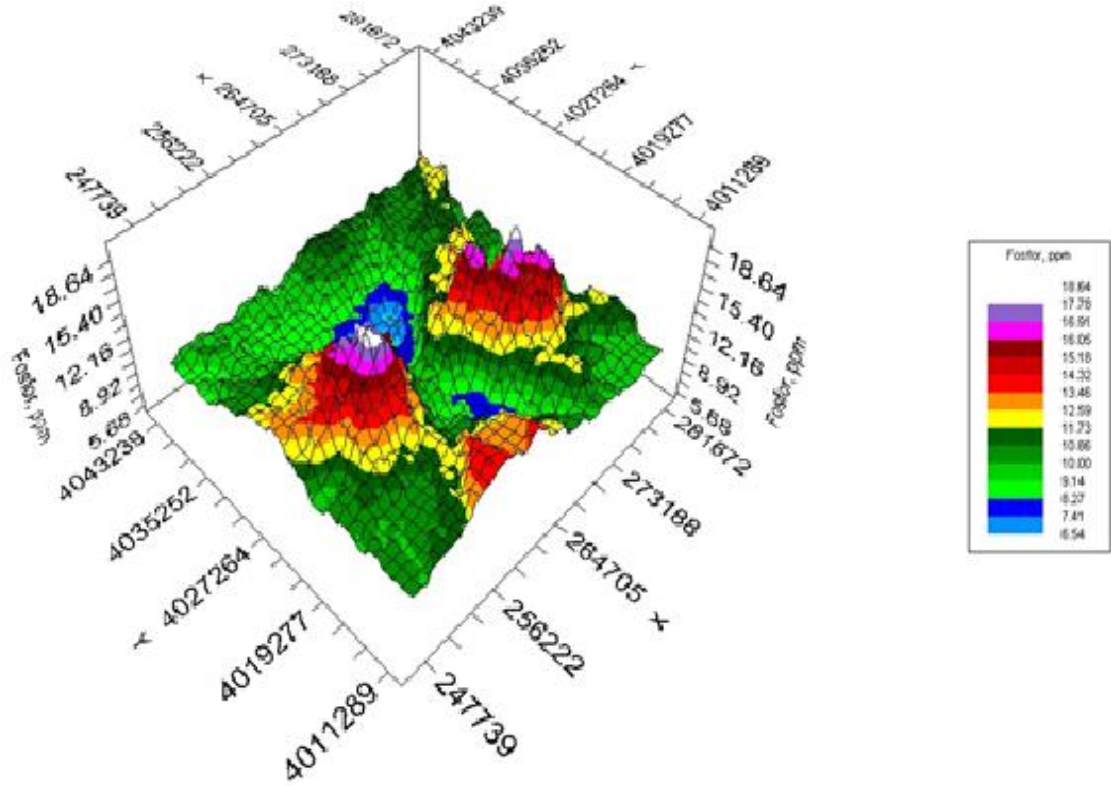


Şekil 4.5. OM miktarının frekans dağılım grafiği

Amik ovası topraklarının organik madde içeriği çok az (% 0-1) olan birkaç toprak dışında, genellikle az (%1-2) ve orta (%2-3) düzey civarındadır. Ayrıca yine birkaç örnekte de organik madde içeriği iyi (%3-4) seviyelerdedir (Lindsay ve Norwell 1969). OM değerinin maksimum % 4, minimum % 0,095 ve ortalamasının da % 1,5 olmasından dolayı, organik madde içeriğinin genellikle yeterli düzeye yakın olduğu genellemesi yapılabilir. OM' ye ait sonuçların Amik Ovası haritası üzerinde dağılımı Şekil 4.6. ve 4.7.' de gösterilmiştir.

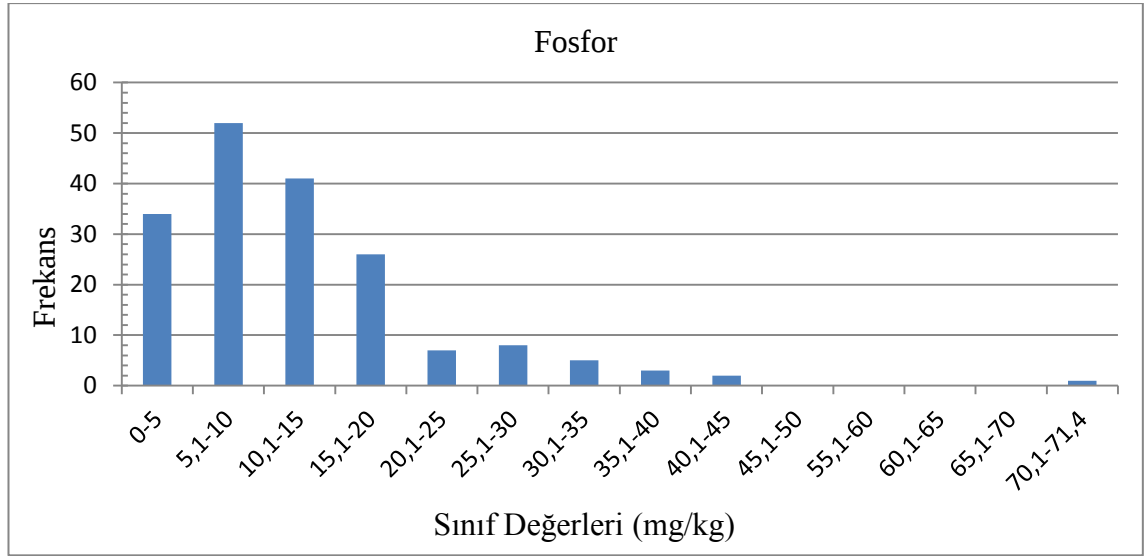


Şekil 4.6. OM miktarının koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası



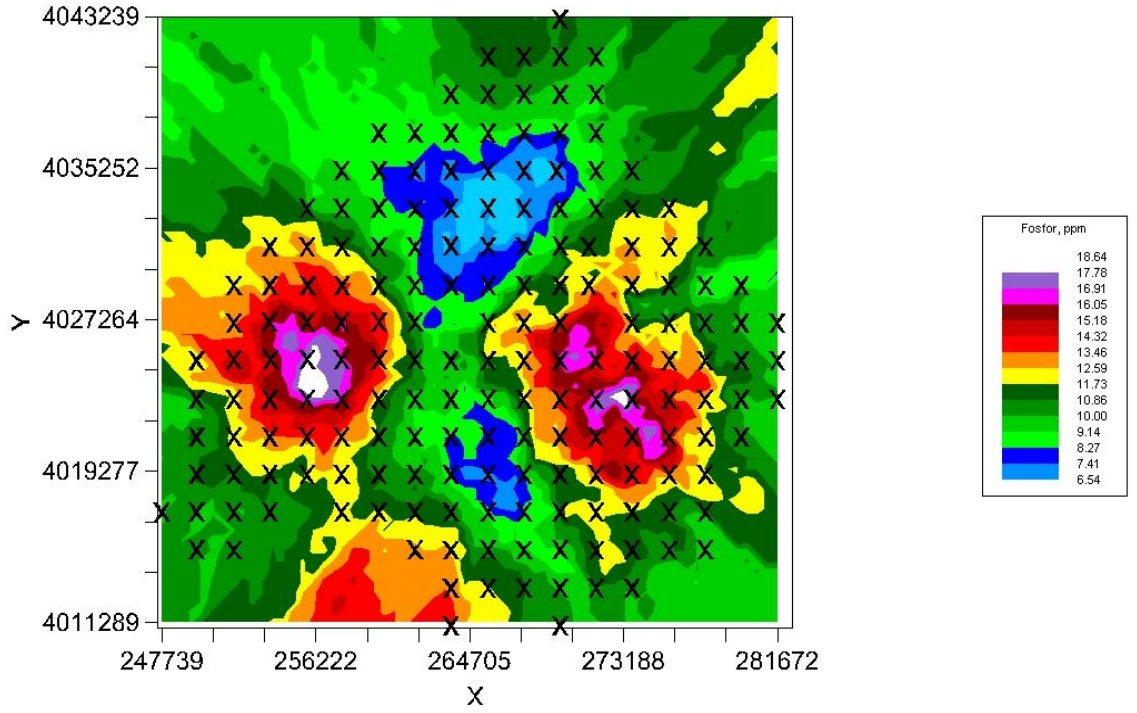
Şekil 4.7. OM miktarının 3 boyutlu dağılım haritası

4.5.3. Yarayırlı Fosfor (P)

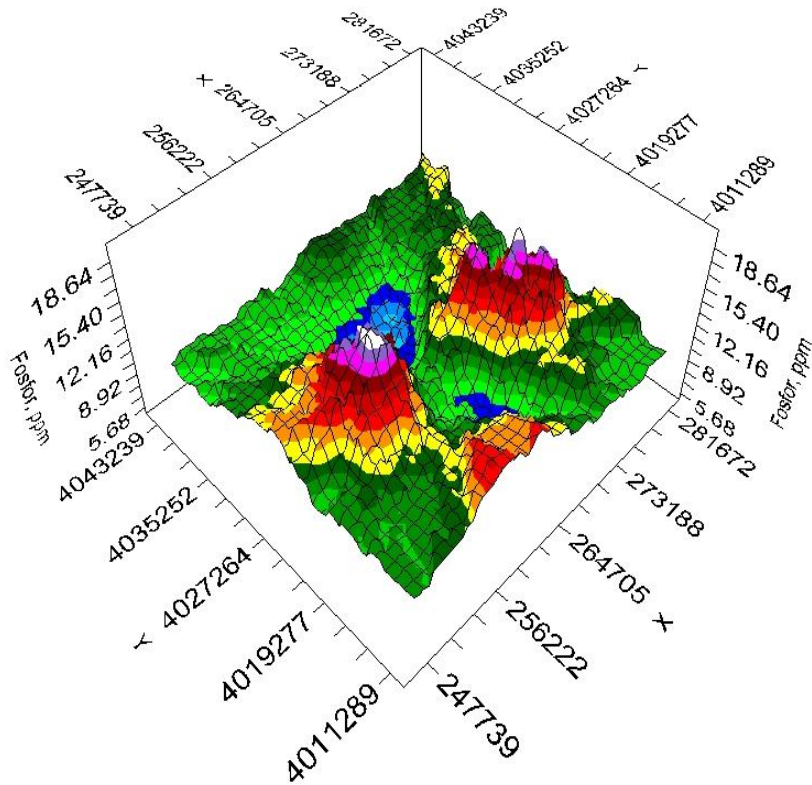


Şekil 4.8. Fosfor miktarının frekans dağılım grafiği

Genel olarak optimum şartlardaki bir toprağın 8-25 mg/kg aralığında fosfor içeriğine sahip olması beklenir (Lindsay ve Norwel, 1969). Analizi yapılan toprak örneklerinin fosfor miktarının, minimum 0,01 mg/kg, maksimum 71,4 mg/kg ve ortalamanın da 12,5 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Genel dağılımın ise, 8-15 mg/kg aralığında olduğu görülmüştür. Fosfora ait sonuçların Amik Ovası haritası üzerinde dağılımı Şekil 4.9. ve 4.10.' da gösterilmiştir.

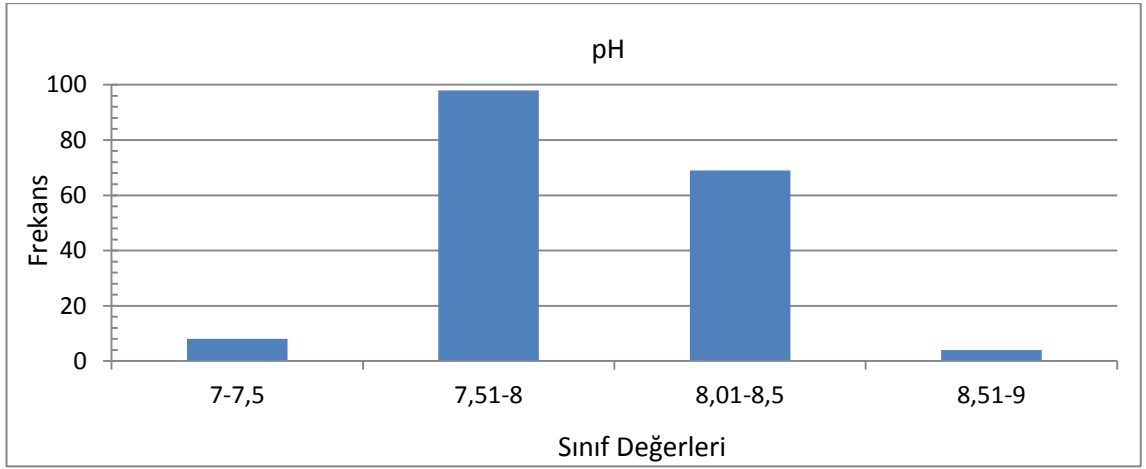


Şekil 4.9. Fosfor miktarının koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası



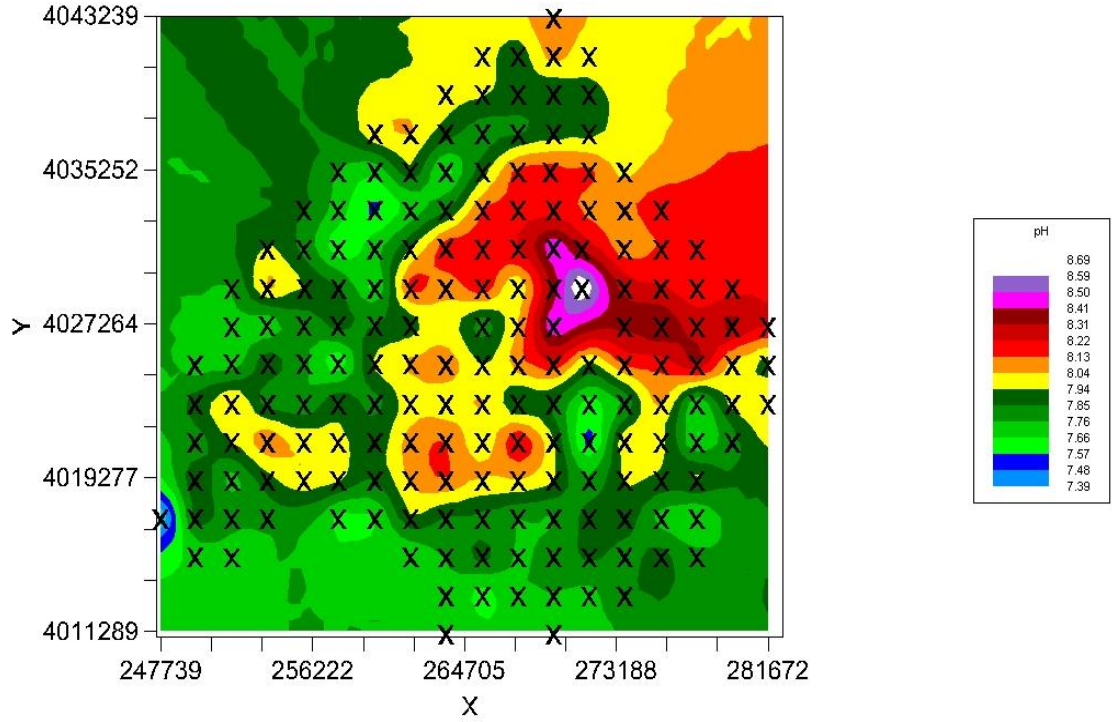
Şekil 4.10. Fosfor miktarının 3 boyutlu dağılım haritası

4.5.4. Toprak Tepkimesi (pH)

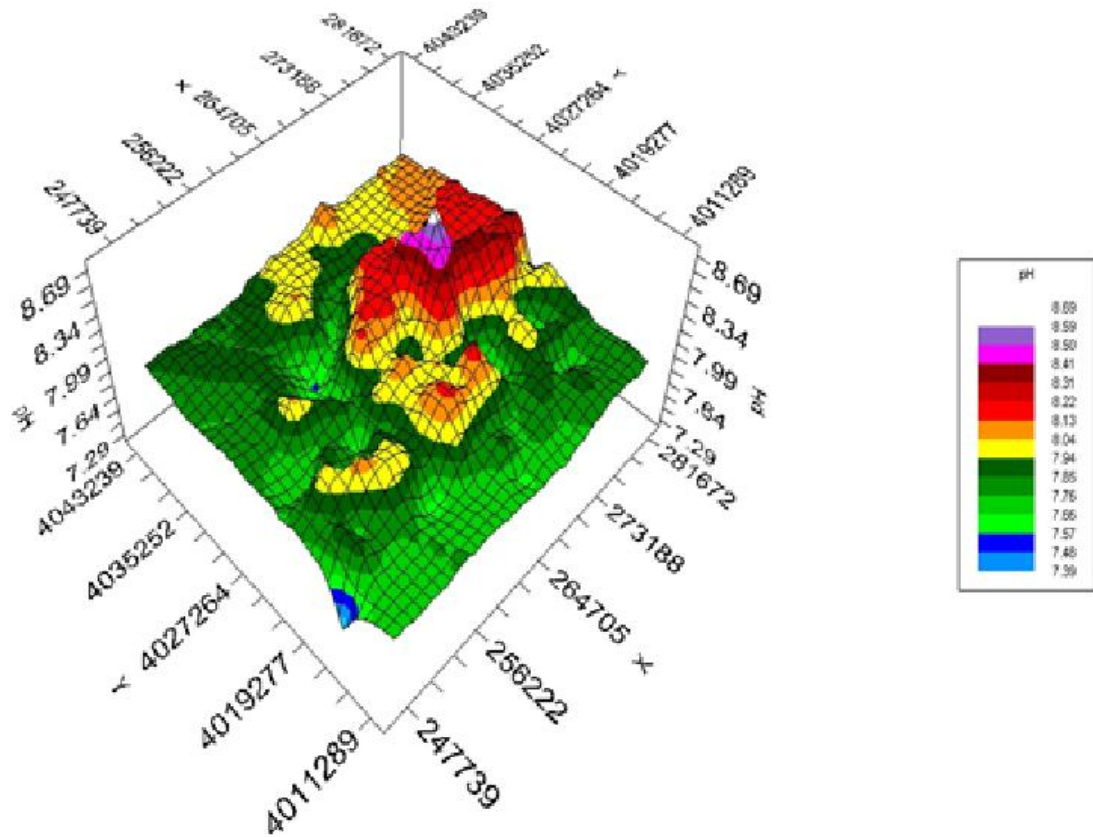


Şekil 4.11. pH miktarının frekans dağılım grafiği

Bitki gelişimi için ideal toprağın pH değeri genel itibariyle 5,5-7,0 aralığındadır (Lindsay ve Norwell 1969). Amik ovası topraklarına ait pH sonuçları incelendiğinde ise, genel dağılımın 7,5-8,5 (hafif alkali) aralığında olduğu görülmektedir. pH'a ait analiz sonuçların Amik Ovası haritası üzerinde dağılımı Şekil 4.12. ve 4.13.' te gösterilmiştir.

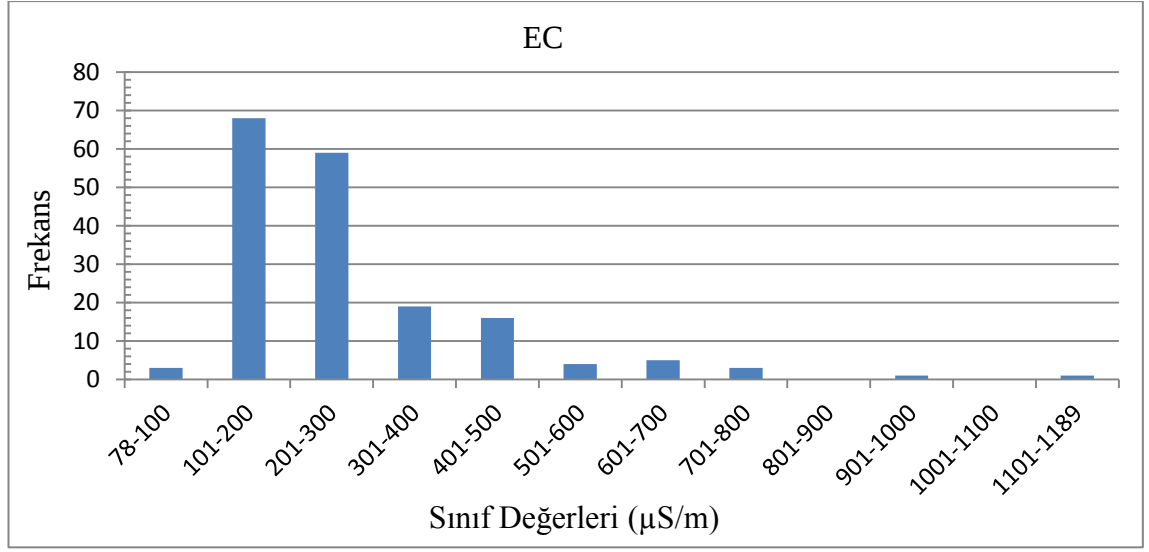


Şekil 4.12. pH' ın koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası



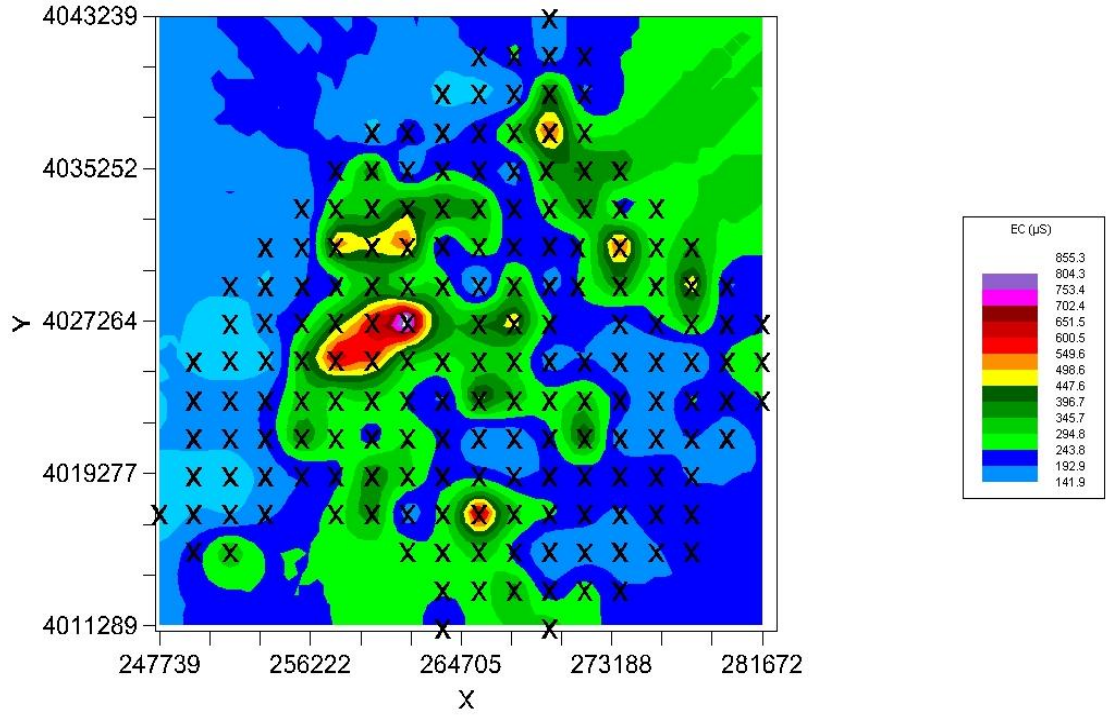
Şekil 4.13. pH' ın 3 boyutlu dağılım haritası

4.5.5. Elektriksel İletkenlik (EC)

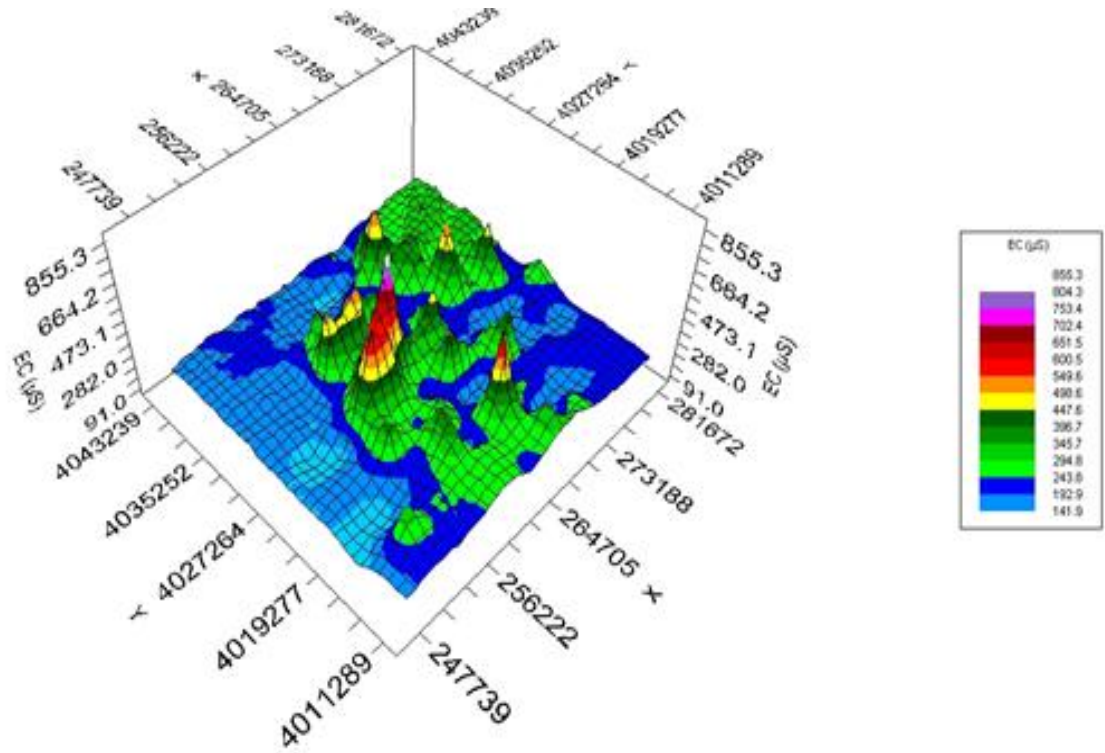


Şekil 4.14. EC nin frekans dağılım grafiği

Amik ovası toprakları, tuzluluk parametrelerinden biri olan elektriksel iletkenlik bakımından incelendiğinde 100-400 $\mu\text{S/m}$ arasında bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. En düşük EC 78 $\mu\text{S/m}$, en yüksek 1188 $\mu\text{S/m}$ ve ortalamanın da 274 $\mu\text{S/m}$ olduğu görülmektedir. EC' ye ait analiz sonuçların Amik Ovası haritası üzerinde dağılımı Şekil 4.15. ve 4.16.' de gösterilmiştir.

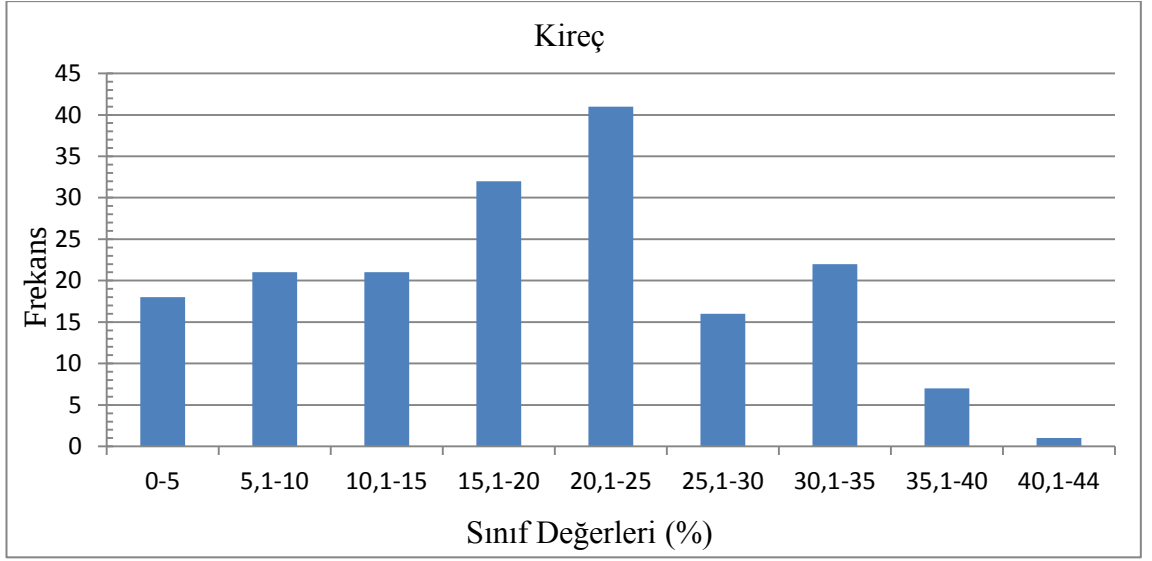


Şekil 4.15. EC' nin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası



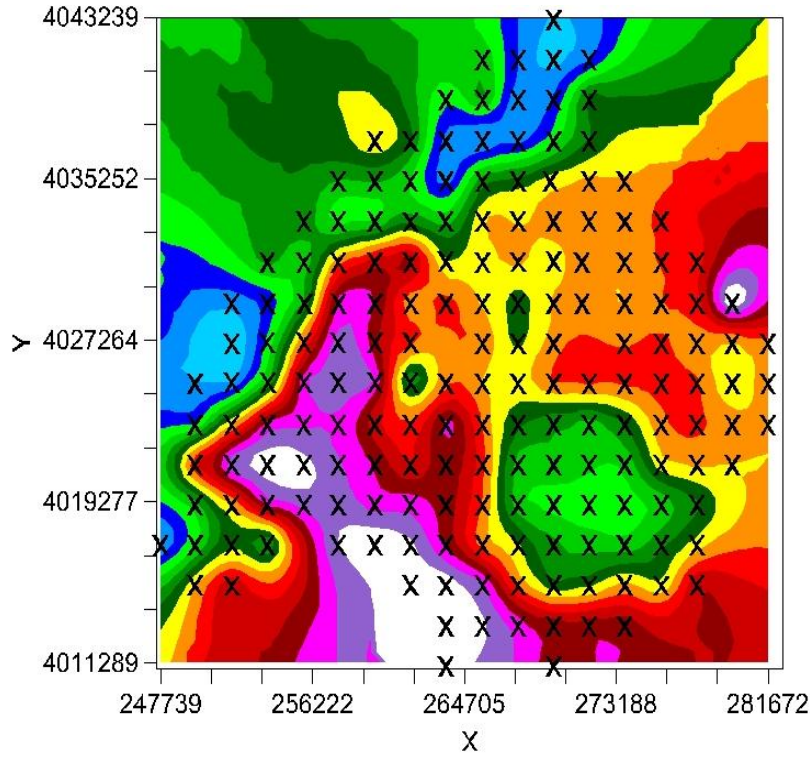
Şekil 4.16. EC' nin 3 boyutlu dağılım grafiği

4.5.6. Kireç (CaCO_3) İçeriği

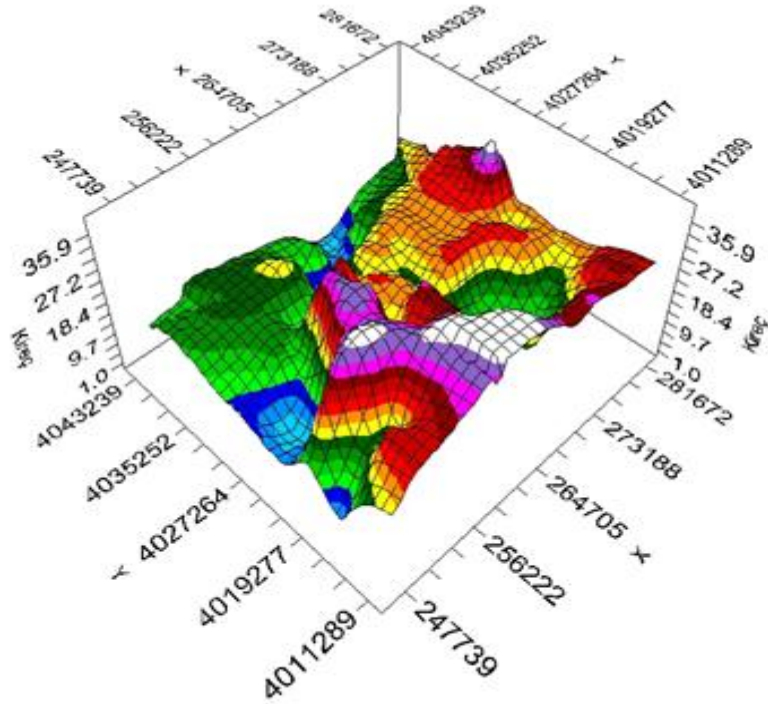


Şekil 4.17. Kireç içeriğinin frekans dağılım grafiği

Yukarıdaki dağılım grafiğinden de görüleceği üzere, ova topraklarının genel itibariyle fazla kireçli denilebilecek (% 20 civarında) kireç içeriğine sahip olduğu anlaşılmaktadır. En düşük kireç % 0, en yüksek % 43,9 ve ortalamanın da % 19,3 olduğu görülmektedir. Kirece ait analiz sonuçlarının Amik Ovası haritası üzerinde dağılımı Şekil 4.18. ve 4.19.' te gösterilmiştir.



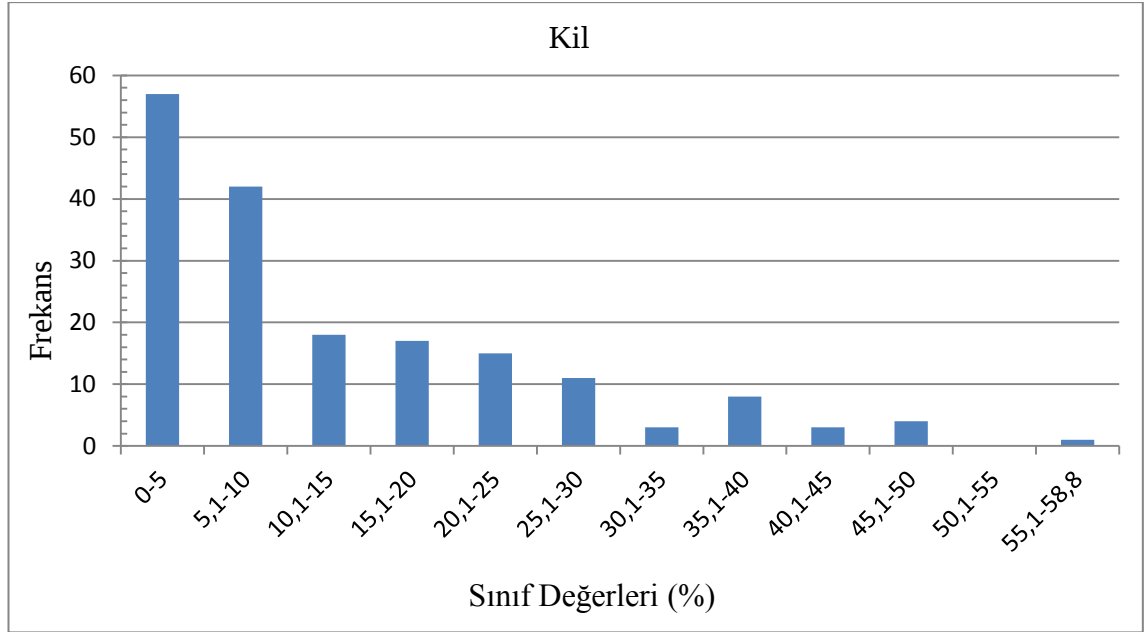
Şekil 4.18. Kireç içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası



Şekil 4.19. Kireç içeriğinin 3 boyutlu dağılım haritası

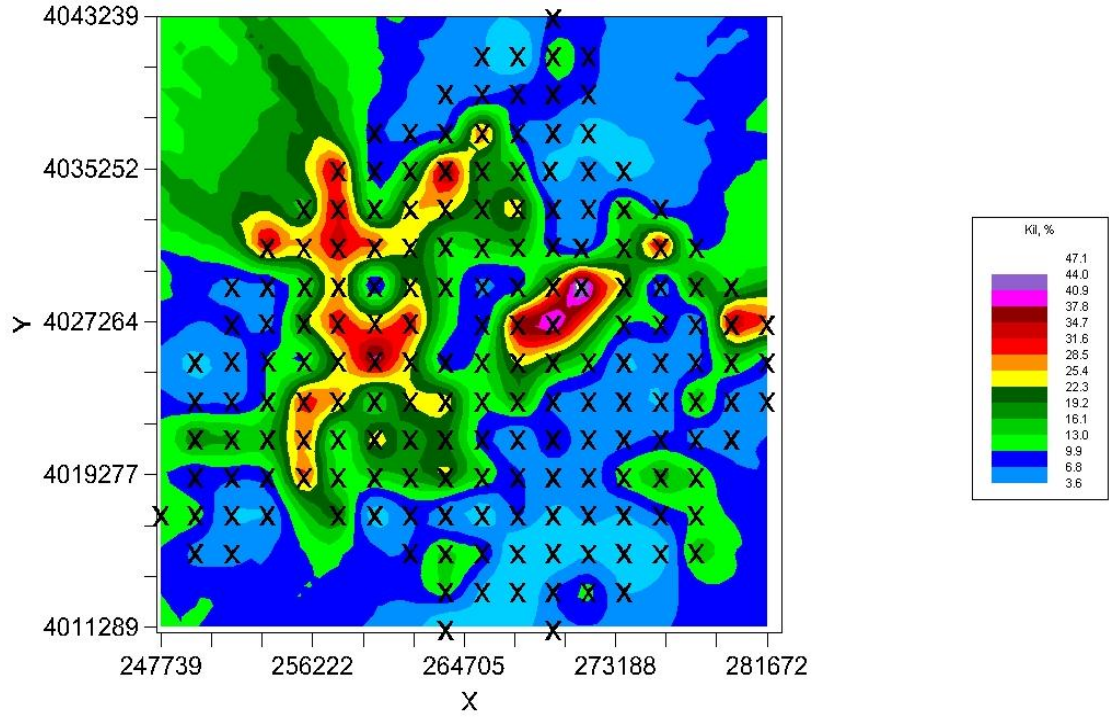
4.5.7. Tekstür (Kil-Kum-Silt Oranı)

Kil İçeriği

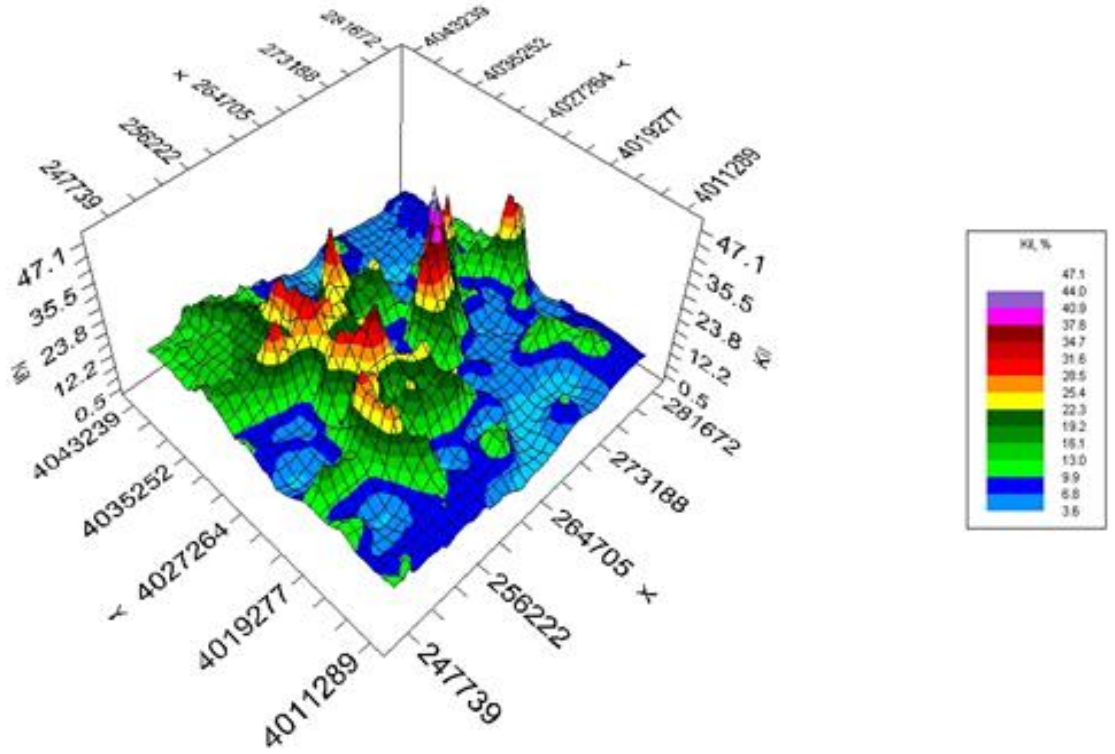


Şekil 4.20. Kil içeriğinin frekans dağılım grafiği

Ova topraklarına ait sonuçlar incelendiğinde, en yüksek kil içeriğinin % 58,8, en düşük % 0 ve ortalamanın da % 13,6 olduğu anlaşılmaktadır. Genel dağılımın ise; % 12-13 civarında olduğu tespit edilmiştir. Kile ait analiz sonuçların Amik Ovası haritası üzerinde dağılımı Şekil 4.21. ve 4.22.' de gösterilmiştir.

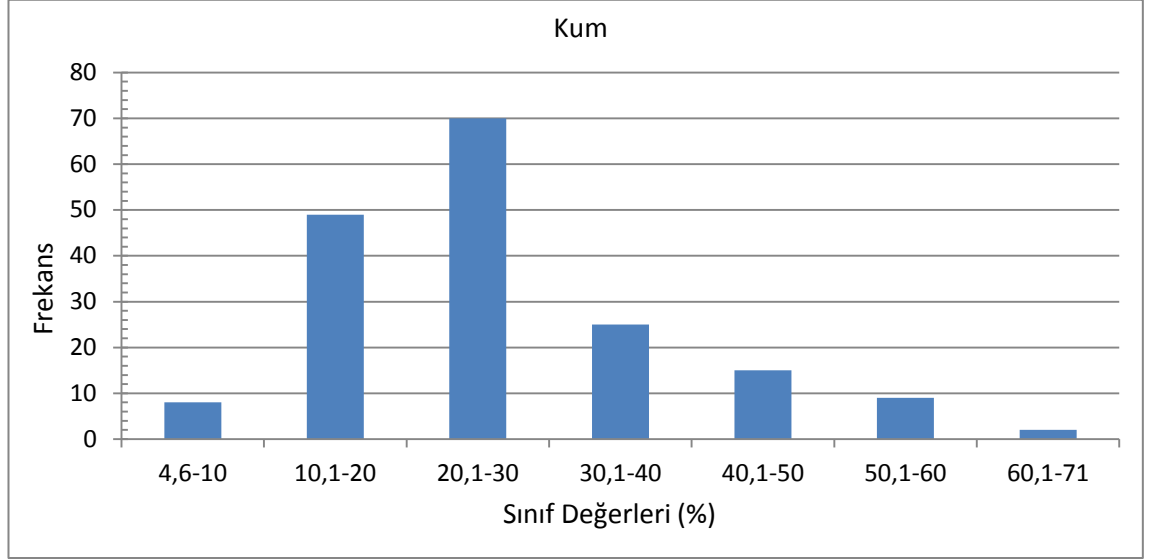


Şekil 4.21. Kil içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası



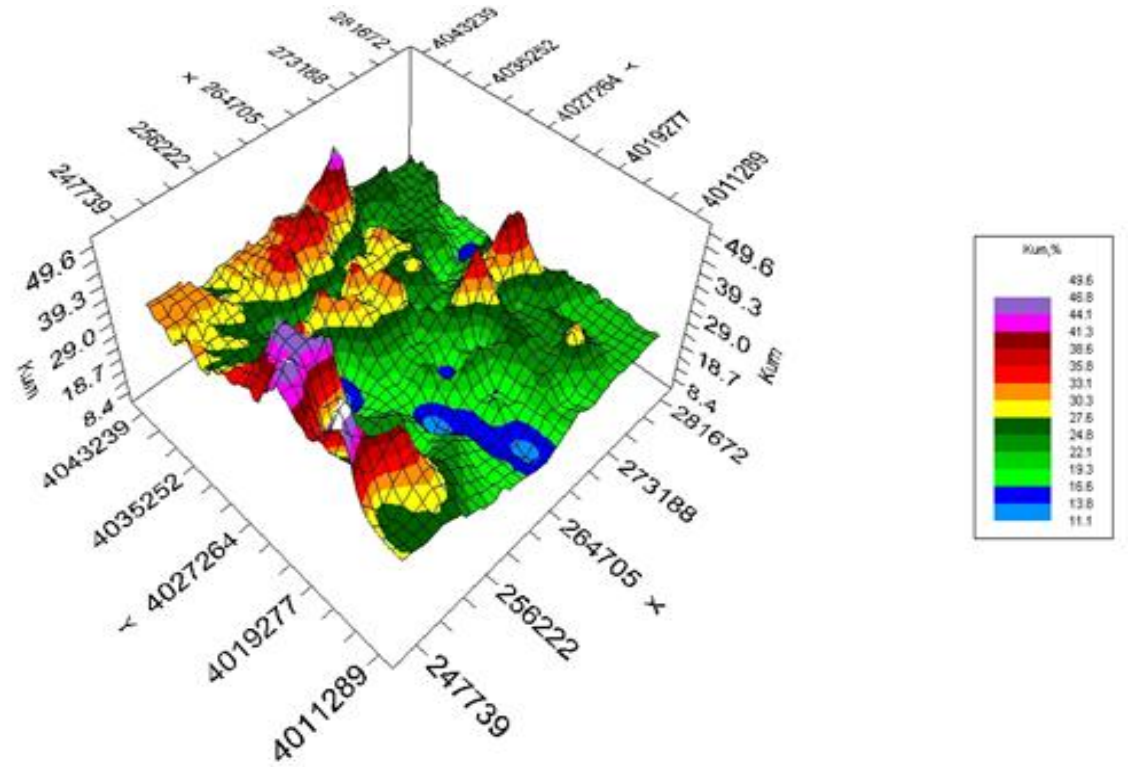
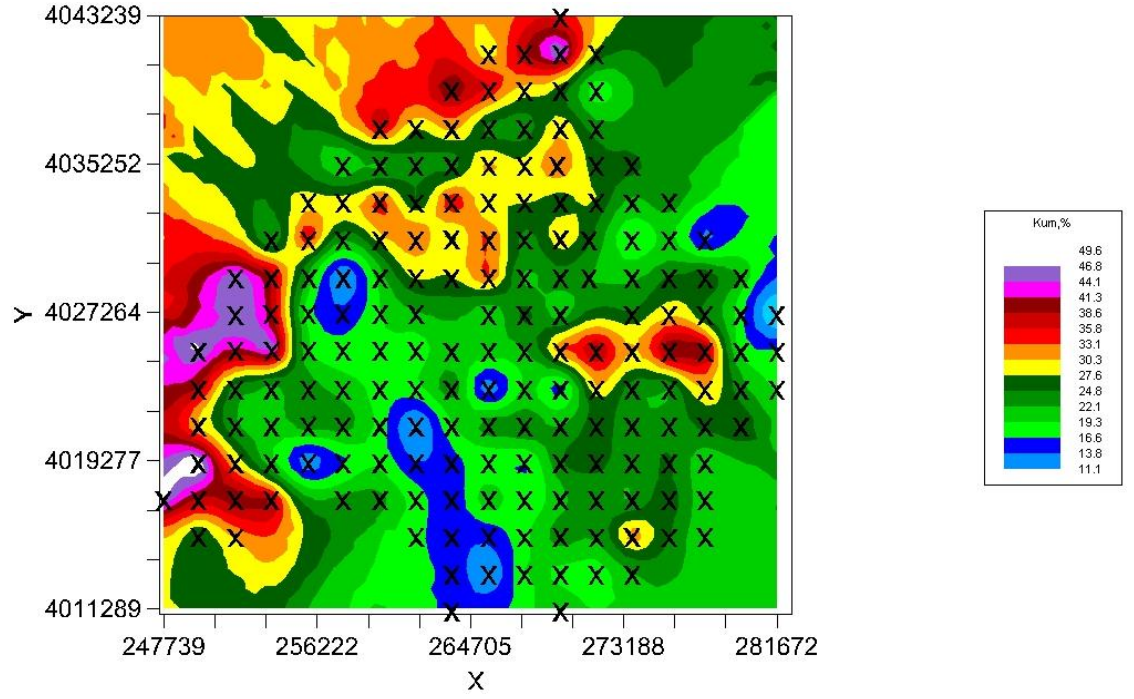
Şekil 4.22. Kil miktarının 3 boyutlu dağılım haritası

Kum İçeriği

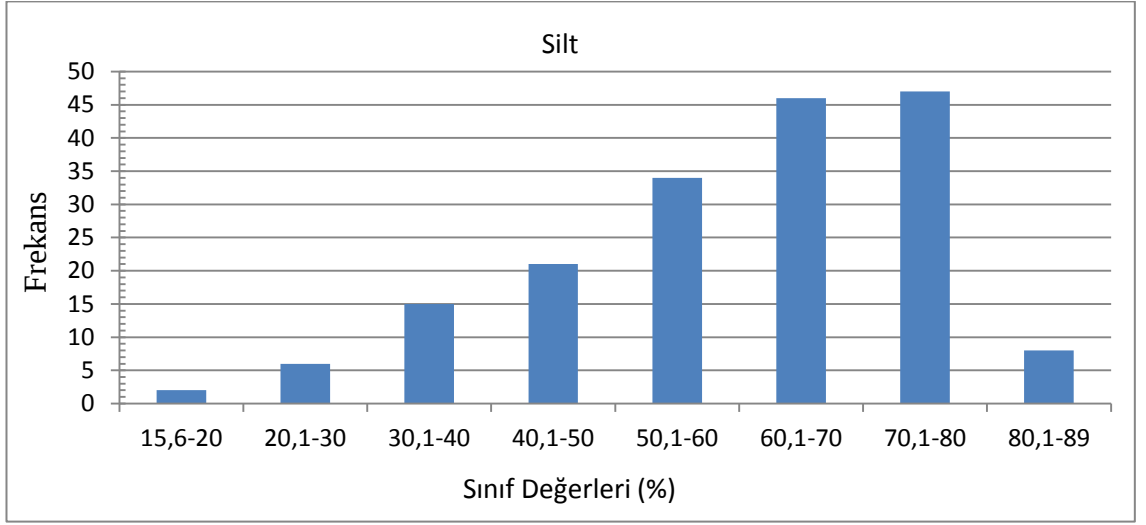


Şekil 4.23. Kum içeriğinin frekans dağılım grafiği

Ova topraklarına ait sonuçlar incelendiğinde, en yüksek kum içeriğinin % 70,9, en düşük % 4,6 ve ortalamanın da % 26,5 olduğu anlaşılmaktadır. Genel dağılımın ise; %2 0-30 civarında olduğu tespit edilmiştir. Kuma ait analiz sonuçların Amik Ovası haritası üzerinde dağılımı Şekil 4.24. ve 4.25.' te gösterilmiştir.

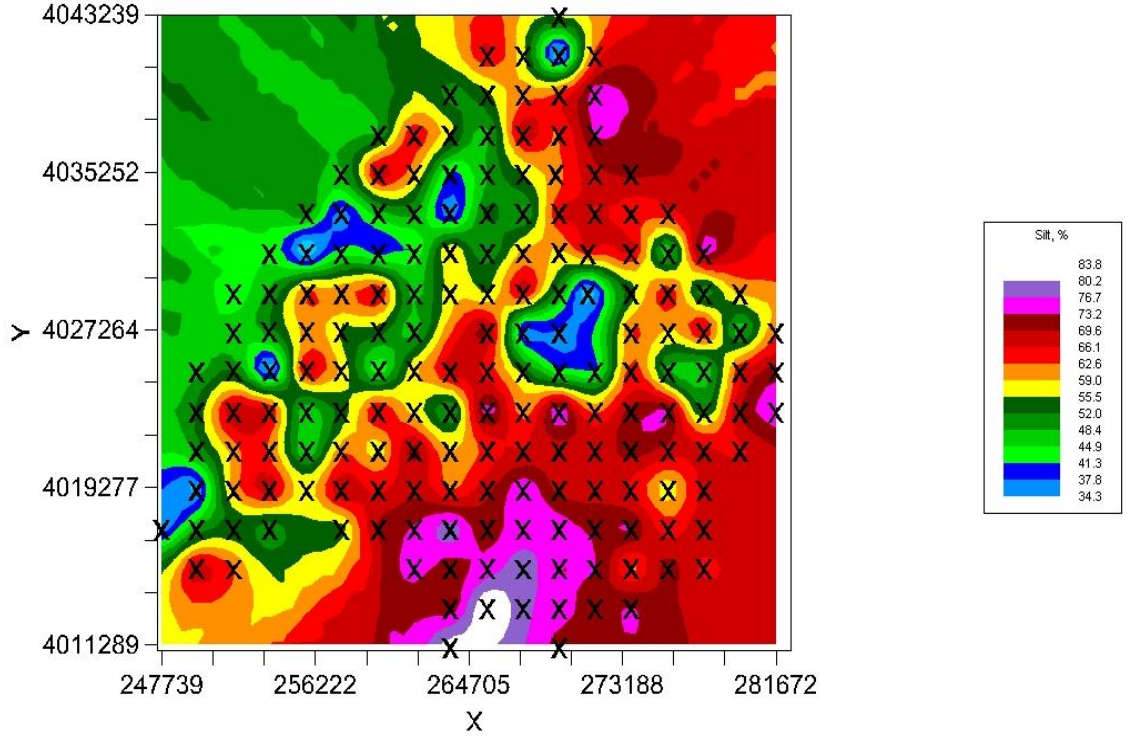


Silt İçeriği

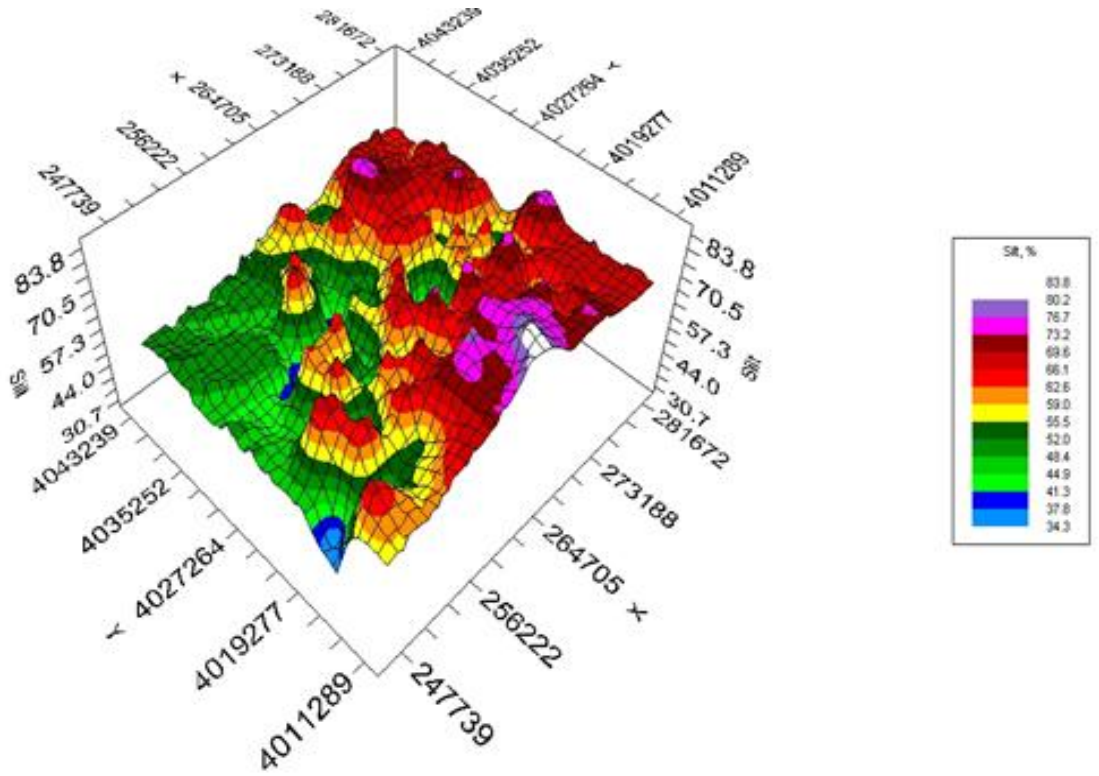


Şekil 4.26. Silt içeriğinin frekans dağılım grafiği

Ova topraklarına ait sonuçlar incelendiğinde, en yüksek silt içeriğinin % 88,8, en düşük % 15,6 ve ortalamanın da % 60 olduğu anlaşılmaktadır. Genel dağılımın ise; % 60 civarında olduğu tespit edilmiştir. Kile ait analiz sonuçların Amik Ovası haritası üzerinde dağılımı Şekil 4.27. ve 4.28.' de gösterilmiştir.

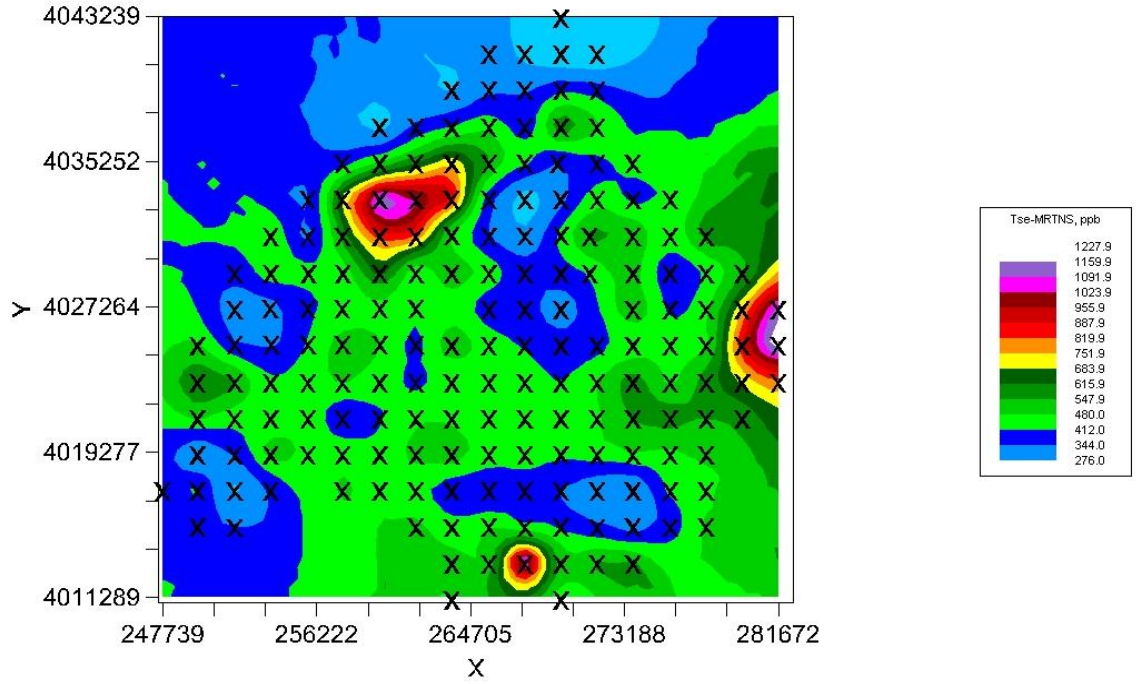


Şekil 4.27. Silt içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası

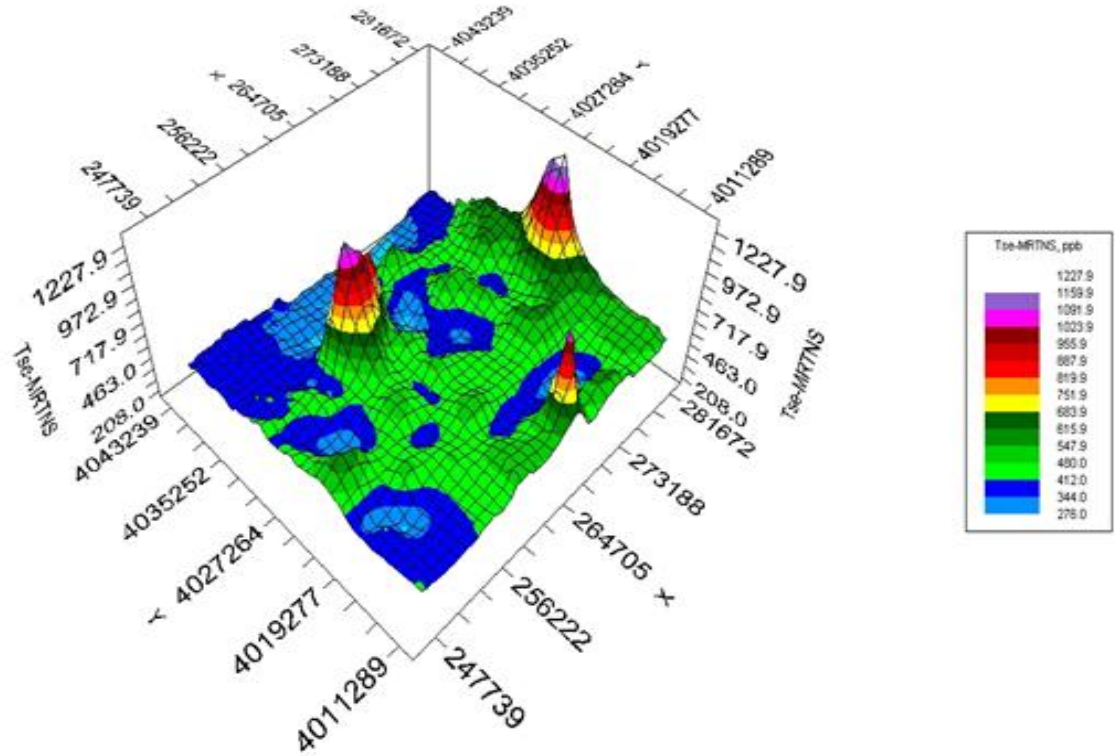


Şekil 4.28. Silt miktarının 3 boyutlu dağılım haritası

4.5.8. Toplam Selenyum (Martens ve Ark.) İçeriği

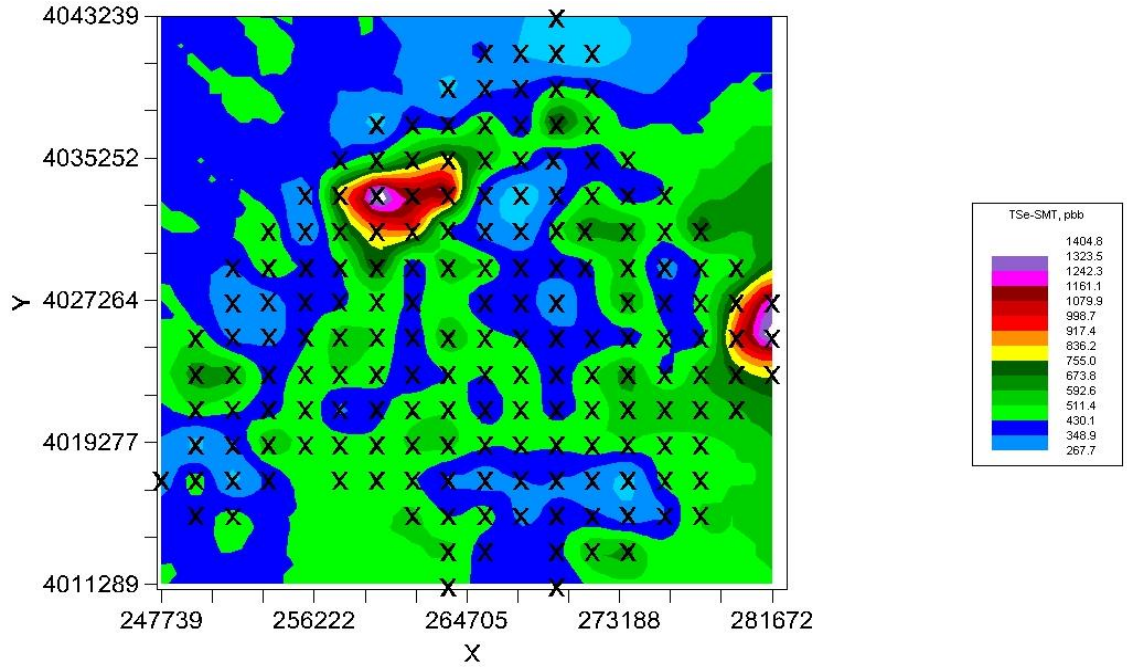


Şekil 4.29. Toplam Se (Martens ve ark.) içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası

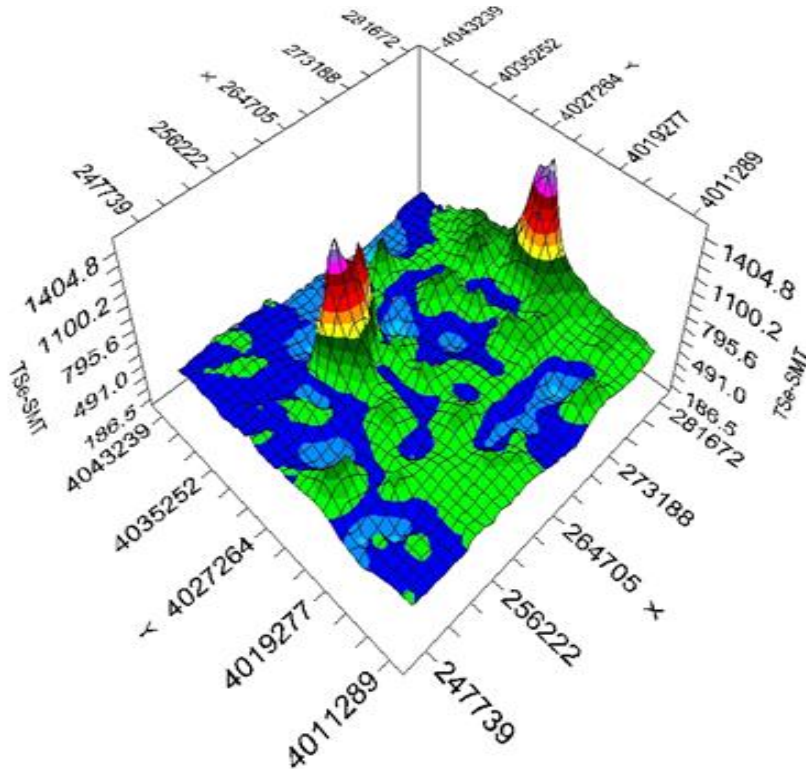


Şekil 4.30. Toplam Se (Martens ve Ark.) miktarının 3 boyutlu dağılım haritası

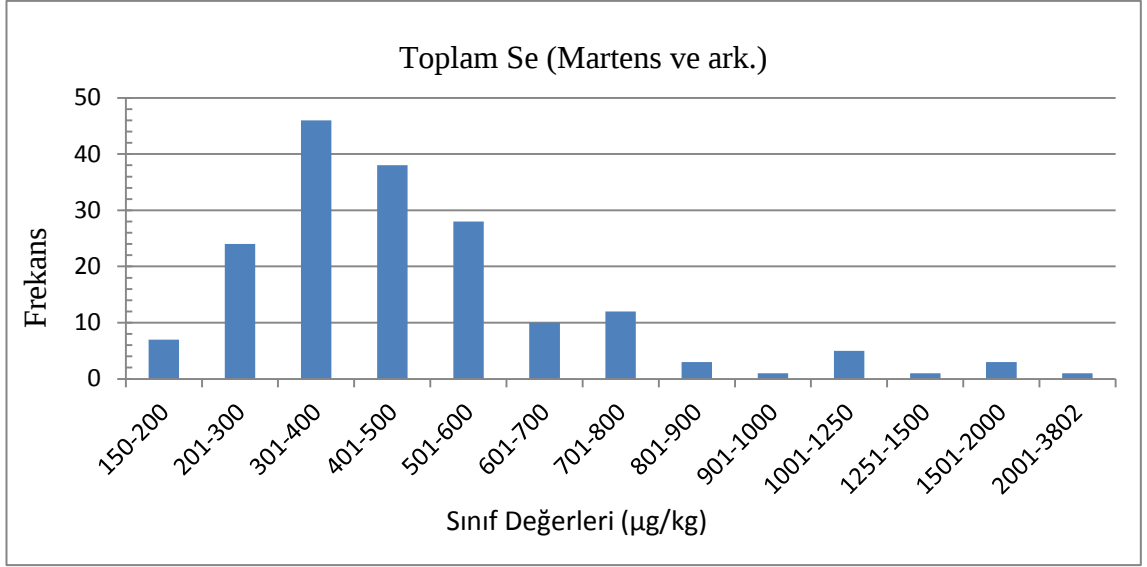
4.5.9. Selenyum (SM&T) İçerği



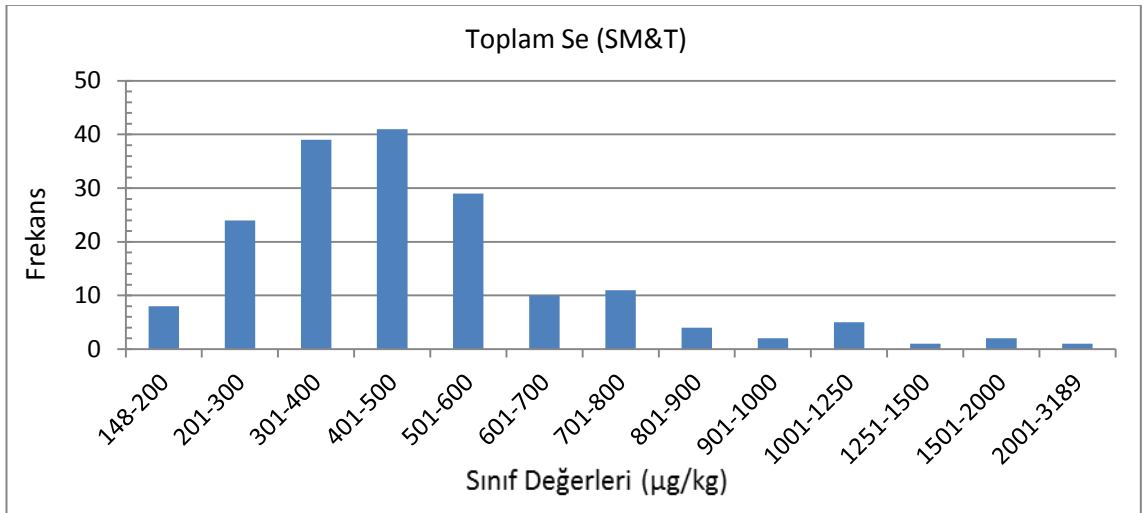
Şekil 4.31. Toplam Se (SM &T) içeriğinin koordinat noktalarına göre 2 boyutlu dağılım haritası



Şekil 4.32. Toplam Se (SM &T) miktarının 3 boyutlu dağılım haritası



Şekil 4.33. Toplam Se (Martens ve ark.) içeriğinin frekans dağılım grafiği



Şekil 4.34. Toplam Se (SM&T) içeriğinin frekans dağılım grafiği

Yukarıdaki dağılım haritalarından (Şekil 4.20. - 4.21. - Şekil 4.22. ve 4.23.)' da anlaşılacağı üzere Amik ovası toprak serilerinden alınan toprak örneklerine ait selenyum analiz sonuçları 150-2000 µg/kg arasında değişkenlik göstermektedir. Ancak her iki metotta da 3000 µg/kg seviyesinde birkaç örneğe rastlanmıştır. Selenyumun yüksek olduğu topraklarda; kireç (% 30) ve OM içeriğinin (% 2,47) de ova ortalamasının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Selenyum miktarının, kireç ve OM ile doğru orantılı olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu tarz yüksek değerlerin olması beklenen bir

durumdur. Ayrıca yaptıkları toprak analizlerinde; Bujdos ve ark. (2004)' te 0,123-32,18 µg/kg, Ylaranta (1983)' te 40-700 µg/kg, Elkin ve ark. (1968)' de 0-2100 mg/kg seviyelerinde selenyum içerdiğini tespit etmişlerdir. Amik Ovası topraklarının selenyum içeriğinin benzer bir aralıkta olduğu görülmüştür. Toprak kirlilik yönetmeliğiyle karşılaştırıldığında ise, toplam selenyum miktarının sınır değeri olan 5000 µg/kg' dan düşük olduğu görülmüştür. Toplam selenyum analiz sonuçları her iki metotta da (Martens ve SM&T) % 99 oranında korelasyon göstermiştir.

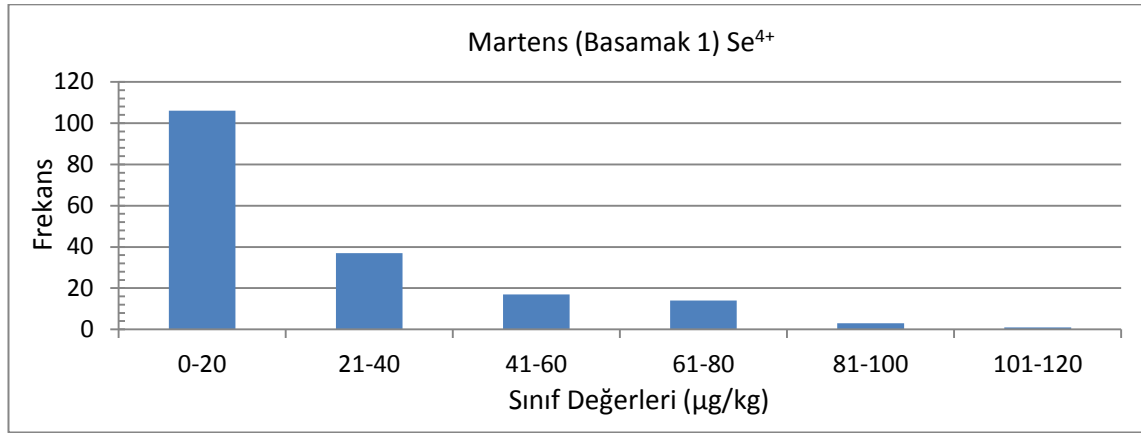
4.6. Ardışık Ekstraksiyon ve Türleme Sonucu Elde Edilen Selenyum Sonuçları

Toprak analizleri esnasında iki farklı (Martens ve SM&T) ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılarak selenyum türlemesi yapılmaya çalışılmış, her basamak ve türe ait selenyum analizi yapılmıştır.

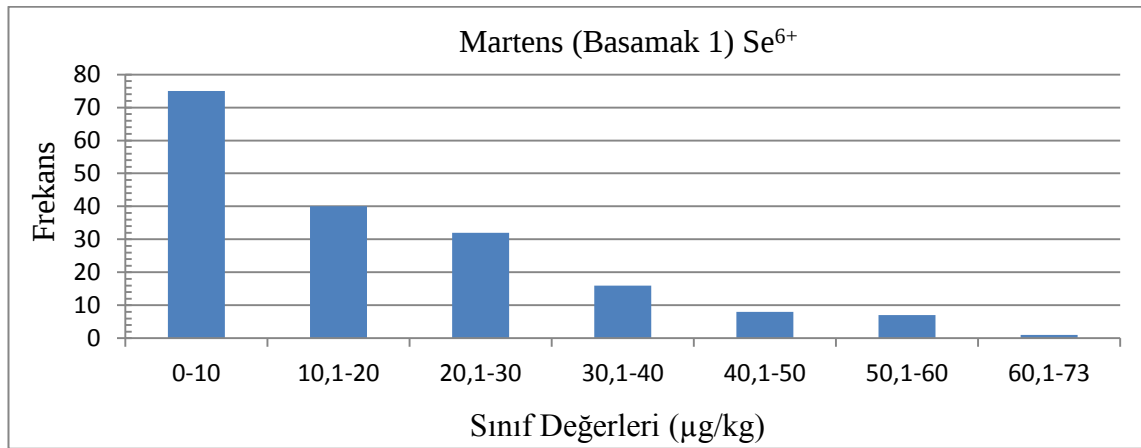
4.6.1. Martens ve Arkadaşlarına ait Ekstraksiyon Yöntemi Sonuçları

Martens ve ark. (1997) tarafından geliştirilen bu metotta üç basamaklı ardışık ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Birinci basamakta; değişebilir ve çözünebilir selenyum (Se^{4+} , Se^{6+} ve Se^{2-}) fraksiyonu, ikinci basamakta; organik bağlı ya da adsorblanmış selenyum (Se^{2-}) fraksiyonu ve son olarak üçüncü basamakta da; artakalan selenyum (Se^0) fraksiyonu analiz edilmiştir. Her basamakta ve türde elde edilen sonuçlar aşağıda dağılım grafikleriyle verilmiştir.

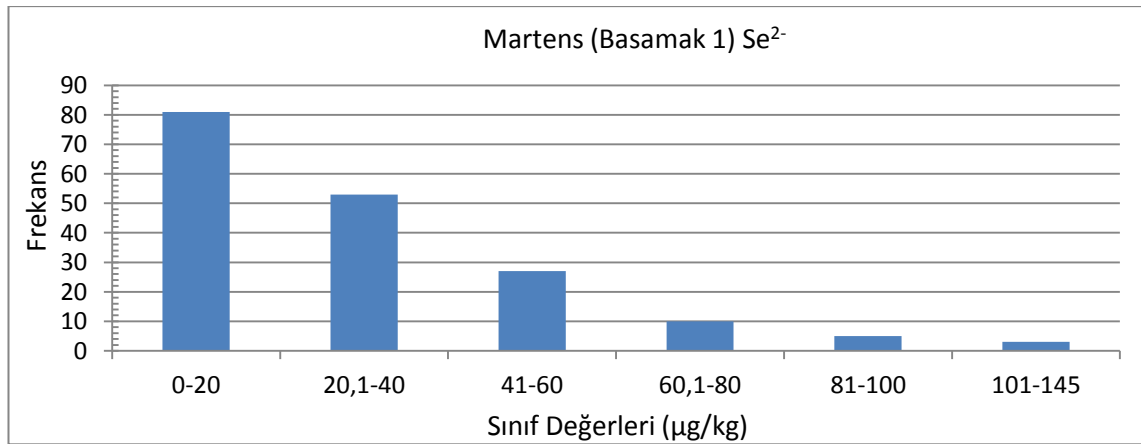
4.6.1.1. Basamak 1 (Fosfat Tamponu Ekstraksiyonu) (Değişebilir ve Çözünebilir Selenyum)



Şekil 4.35. 1.Basamaktaki Se^{4+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği



Şekil 4.36. 1.Basamaktaki Se^{6+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

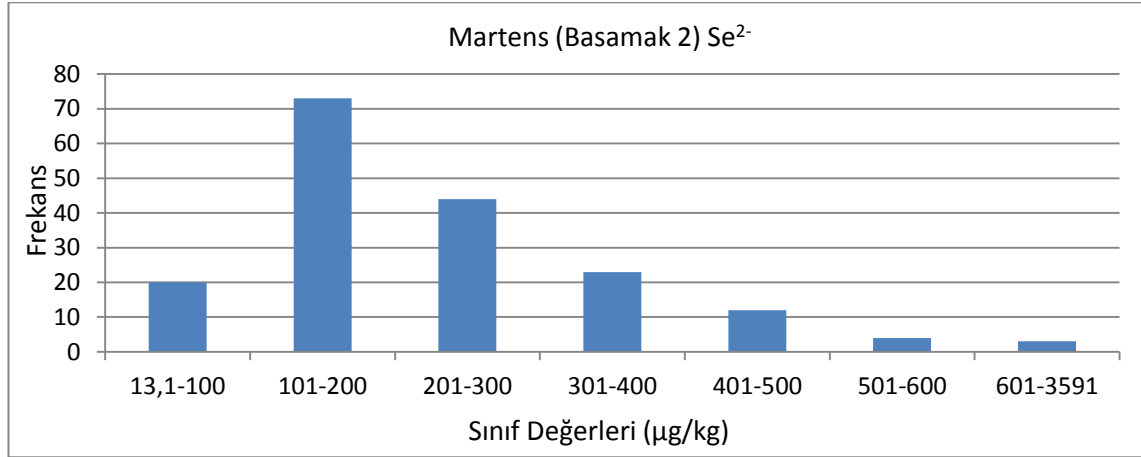


Şekil 4.37. 1.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

Martens ve ark. (1997) yöntemi fosfat tamponu ekstraksiyonu (Basamak 1) sonucu elde edilen selenyum türlerine ait sonuçlar incelendiğinde;

- Se^{4+} ’ün en yüksek 134 $\mu\text{g/kg}$, en düşük 0 $\mu\text{g/kg}$, ortalama 19,32 $\mu\text{g/kg}$ ve genel dağılımın da 10-30 $\mu\text{g/kg}$ arasında olduğu,
- Se^{6+} ’ün en yüksek 73 $\mu\text{g/kg}$, en düşük 0 $\mu\text{g/kg}$, ortalama 16,40 $\mu\text{g/kg}$ ve genel dağılımın da 5- 25 $\mu\text{g/kg}$ arasında olduğu,
- Se^{2-} ’nin en yüksek 144,6 $\mu\text{g/kg}$, en düşük 0 $\mu\text{g/kg}$, ortalama 26,96 $\mu\text{g/kg}$ ve genel dağılımın da 15- 40 $\mu\text{g/kg}$ arasında olduğu görülmüştür.

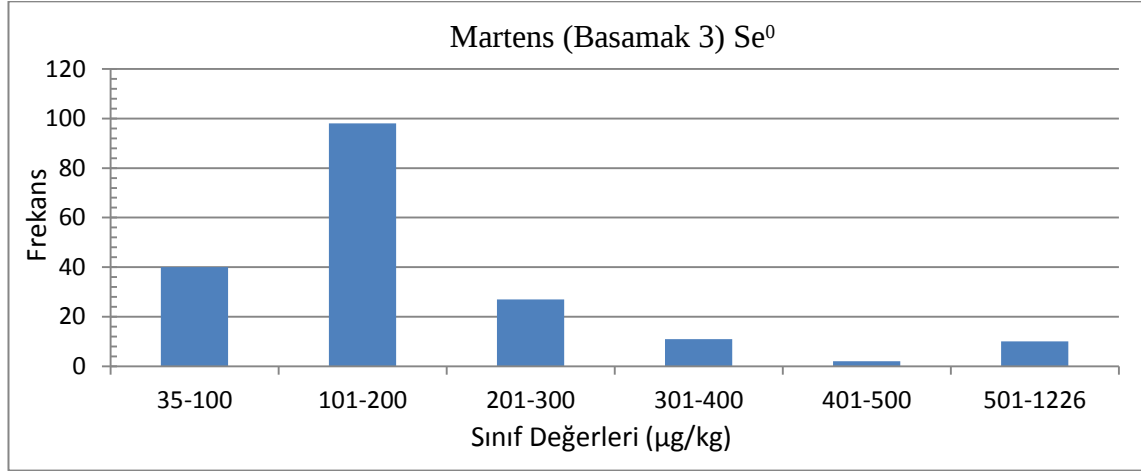
4.6.1.2. Basamak 2 (Persülfat Oksidasyonu) (Organik Maddeye Bağlı ya da Adsorblanmış Se^{2-} Fraksiyonu)



Şekil 4.38. 2.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

Martens ve ark. (1997) yöntemi persülfat oksidasyon ekstraksiyonu (Basamak 2) sonucu elde edilen selenyuma ait sonuçlar incelendiğinde; Se^{2-} ’nin en yüksek 3591 $\mu\text{g/kg}$, en düşük 13,10 $\mu\text{g/kg}$ ortalama 246,8 $\mu\text{g/kg}$ ve genel dağılımın da 150- 350 $\mu\text{g/kg}$ arasında olduğu görülmüştür.

4.6.1.3. Basamak 3 (Nitrik Asit Oksidasyonu) (Artakalan Selenyum (Se^0) Fraksiyonu)



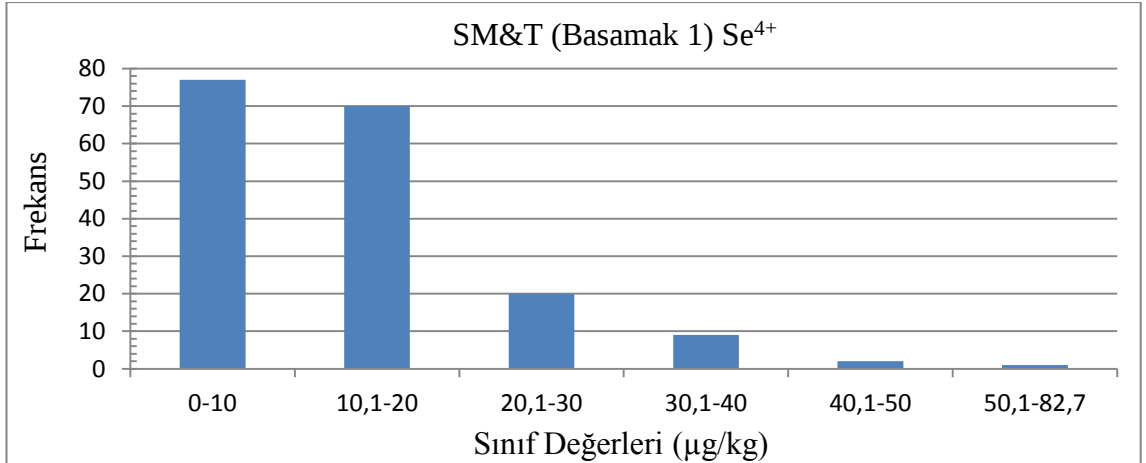
Şekil 4.39. 3.Basamaktaki Se^0 türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

Martens ve ark. (1997) yöntemi nitrik asit oksidasyon ekstraksiyonu (Basamak 3) sonucu elde edilen selenyuma ait sonuçlar incelendiğinde; Se^0 'ın en yüksek 1226 µg/kg, en düşük 34,76 µg/kg ortalama 189 µg/kg ve genel dağılımın da 100- 300 µg/kg arasında olduğu görülmüştür.

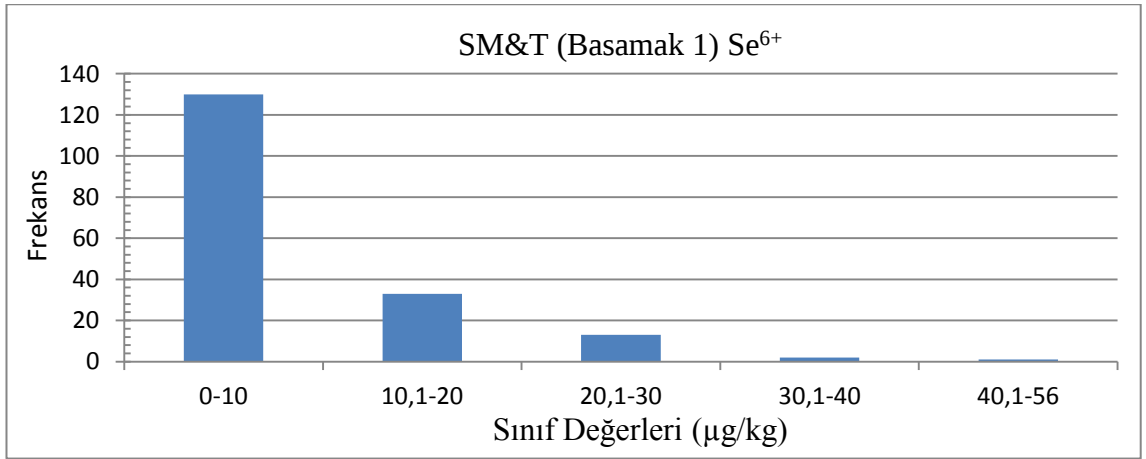
4.6.2. The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) Ekstraksiyon Yöntemi Sonuçları

SM&T metodunda beş basamaklı ardışık ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Birinci basamakta; çözünebilir selenyum (Se^{4+} , Se^{6+} ve Se^{2-}) fraksiyonu, ikinci basamakta; değişebilir ve karbonat bağlı selenyum (Se^{4+} , Se^{6+} ve Se^{2-}) fraksiyonu, üçüncü basamakta; demir/mangan oksit bağlı selenyum (Se^{4+}) fraksiyonu, dördüncü basamakta; organik bağlı ya da adsorblanmış selenyum (Se^{2-}) fraksiyonu ve son olarak beşinci basamakta da; artakalan selenyum (Se^0) fraksiyonu analiz edilmiştir. Her basamakta ve türde elde edilen sonuçlar aşağıda dağılım grafikleriyle verilmiştir.

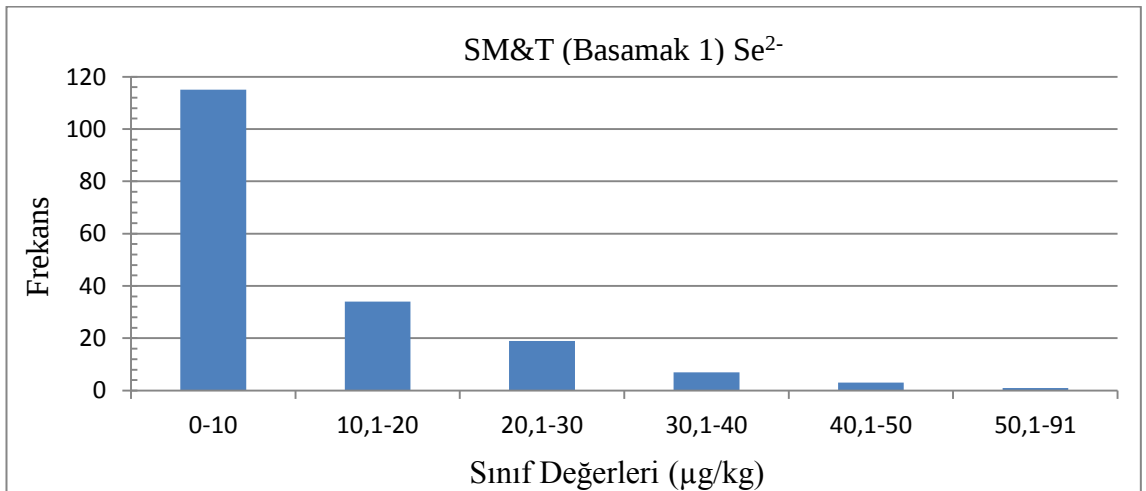
4.6.2.1. Basamak 1 (Çözünebilir Selenyum) (Se^{4+} , Se^{6+} ve Se^{2-})



Şekil 4.40. 1.Basamaktaki Se^{4+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği



Şekil 4.41. 1.Basamaktaki Se^{6+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

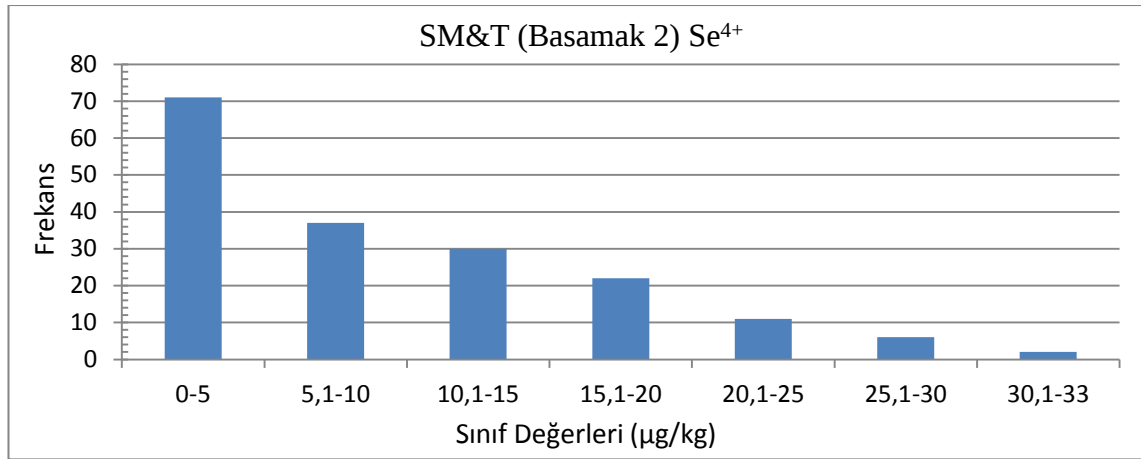


Şekil 4.42. 1.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

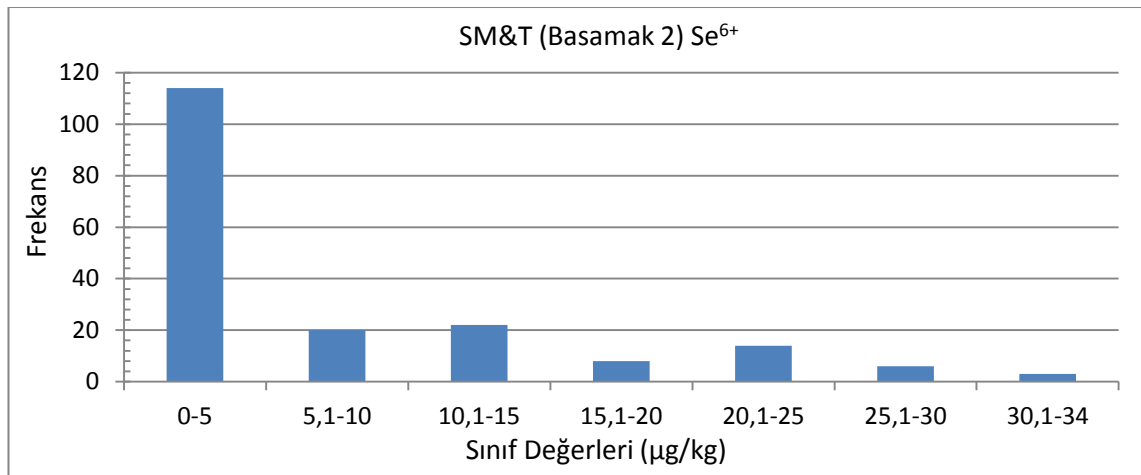
SM&T yöntemi 1. Basamak ekstraksiyonu sonucu elde edilen selenyum türlerine ait sonuçlar incelendiğinde;

- Se^{4+} ’ün en yüksek 87,7 $\mu\text{g/kg}$, en düşük 0 $\mu\text{g/kg}$, ortalama 13,26 $\mu\text{g/kg}$ ve genel dağılımın da 10-15 $\mu\text{g/kg}$ arasında olduğu,
- Se^{6+} ’ün en yüksek 55,9 $\mu\text{g/kg}$, en düşük 0 $\mu\text{g/kg}$, ortalama 6,15 $\mu\text{g/kg}$ ve genel dağılımın da 2-10 $\mu\text{g/kg}$ arasında olduğu,
- Se^{2-} ’nin en yüksek 91 $\mu\text{g/kg}$, en düşük 0 $\mu\text{g/kg}$, ortalama 10 $\mu\text{g/kg}$ ve genel dağılımın da 5-15 $\mu\text{g/kg}$ arasında olduğu görülmüştür.

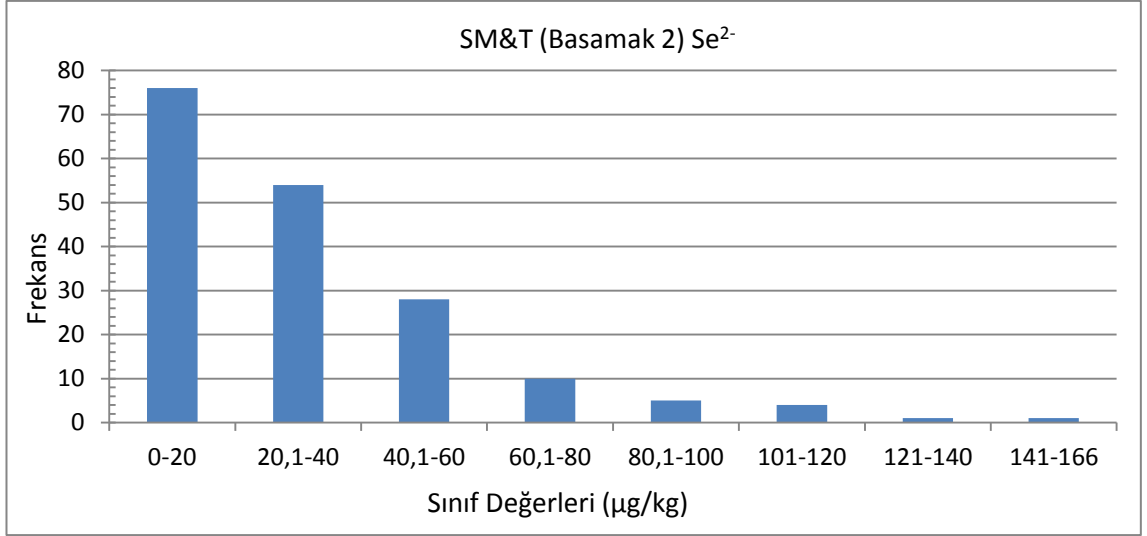
4.6.2.2. Basamak 2 (Değişebilir ve Karbonatlara Bağlı Selenyum)(Se^{4+} , Se^{6+} ve Se^{2-})



Şekil 4.43. 2.Basamaktaki Se^{4+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği



Şekil 4.44. 2.Basamaktaki Se^{6+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

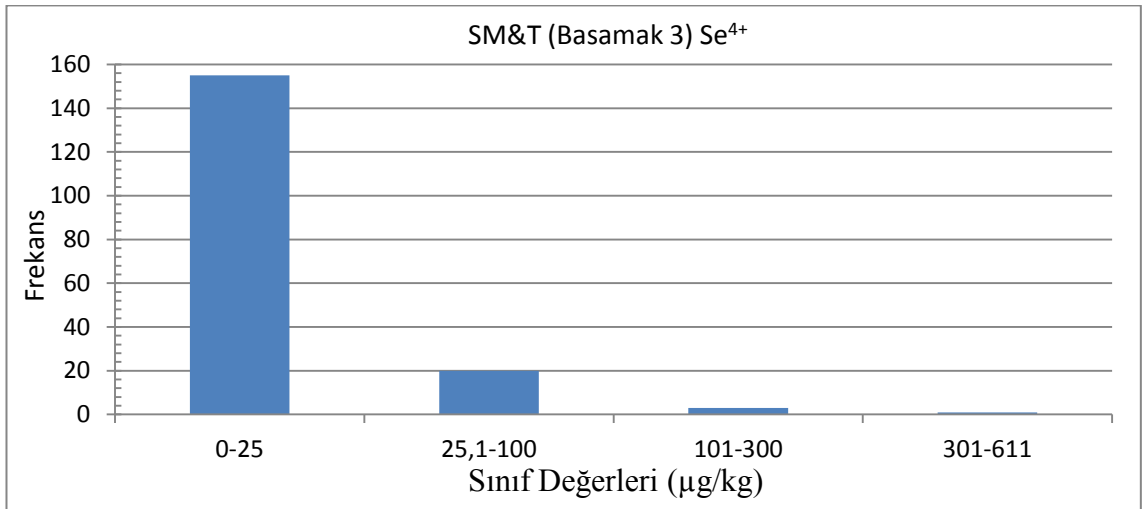


Şekil 4.45. 2.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

SM&T yöntemi 2. Basamak ekstraksiyonu sonucu elde edilen selenyum türlerine ait sonuçlar incelendiğinde;

- Se^{4+} ’ün en yüksek 32,9 µg/kg, en düşük 0 µg/kg, ortalama 9 µg/kg ve genel dağılımın da 8-10 µg/kg arasında olduğu,
- Se^{6+} ’ün en yüksek 34 µg/kg, en düşük 0 µg/kg, ortalama 5,7 µg/kg ve genel dağılımın da 5-8 µg/kg arasında olduğu,
- Se^{2-} ’nin en yüksek 166 µg/kg, en düşük 0 µg/kg, ortalama 30,8 µg/kg ve genel dağılımın da 10-30 µg/kg arasında olduğu görülmüştür.

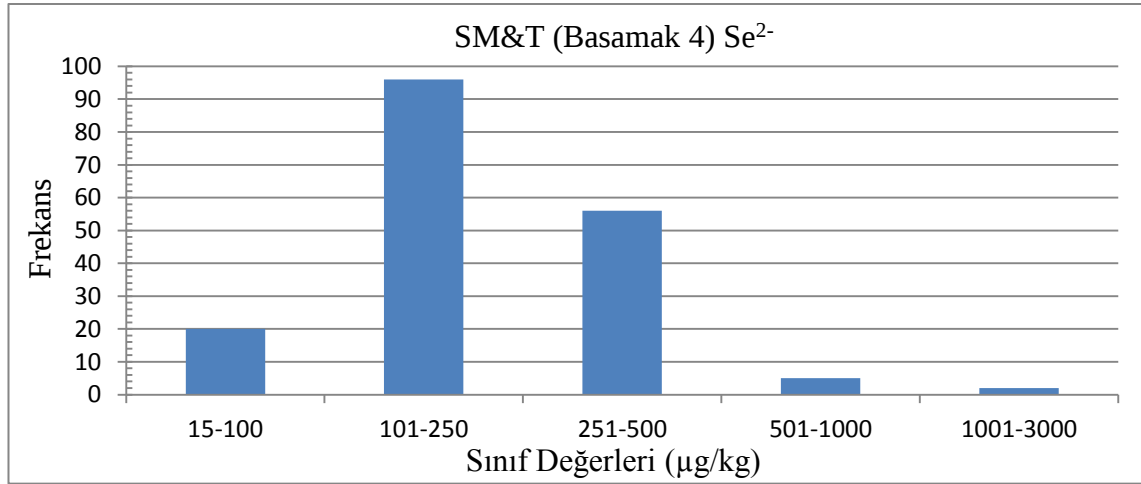
4.6.2.3. Basamak 3 (Demir/Mangan Oksitlere Bağlı Selenyum) (Se^{4+})



Şekil 4.46. 3.Basamaktaki Se^{4+} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

SM&T yöntemi 3. Basamak ekstraksiyonu sonucu elde edilen selenyum türüne ait sonuçlar incelendiğinde; Se^{4+} 'ün en yüksek 611 $\mu\text{g/kg}$, en düşük 0 $\mu\text{g/kg}$, ortalama 17 $\mu\text{g/kg}$ ve genel dağılımın da 10-35 $\mu\text{g/kg}$ arasında olduğu görülmüştür.

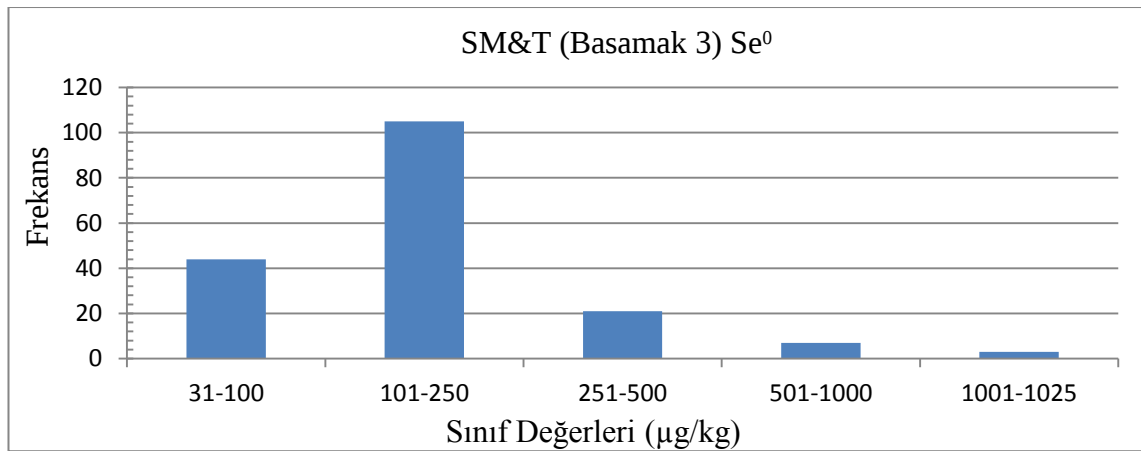
4.6.2.4. Basamak 4 (Organik Maddeye Bağlı ve Elementel Selenyum) (Se^{2-})



Şekil 4.47. 4.Basamaktaki Se^{2-} türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

SM&T yöntemi 4. Basamak ekstraksiyonu sonucu elde edilen selenyum türüne ait sonuçlar incelendiğinde; Se^{2-} 'nin en yüksek 3000 $\mu\text{g/kg}$, en düşük 15 $\mu\text{g/kg}$, ortalama 238 $\mu\text{g/kg}$ ve genel dağılımın da 200-400 $\mu\text{g/kg}$ arasında olduğu görülmüştür.

4.6.2.5. Basamak 5 (Artakalan Selenyum) (Se^0)



Şekil 4.48. 5.Basamaktaki Se^0 türüne ait verilerin frekans dağılım grafiği

SM&T yöntemi 5. Basamak ekstraksiyonu sonucu elde edilen selenyum türüne ait sonuçlar incelendiğinde; Se⁰'nin en yüksek 1025 µg/kg, en düşük 31 µg/kg, ortalama 181 µg/kg ve genel dağılımın da 100-250 µg/kg arasında olduğu görülmüştür.

4.7. Sonuçların İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi (SPSS Programına Göre Korelasyon İlişkisi)

Yapılan analizler sonucunda toprak örneklerinin fiziksel-kimyasal özellikleriyle toplam selenyum arasındaki korelasyon ilişkisi aşağıdaki verilmiştir.

4.7.1. Martens ve Arkadaşları Tarafından Geliştirilen Metoda Göre Elde Edilen Toplam Selenyum ile Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon

Martens ve ark. (1997) ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen toplam selenyum miktarı ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon ilişkisi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.8. Selenyum ile değişebilir katyonlar toplamı arasındaki korelasyon

Değişebilir Katyonlar Toplamı (DKT)		
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,218**
	Sig. (2-tailed)	0,003
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01) * korelasyon önem seviyesi (0,05)		

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile değişebilir katyonlar toplamı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.003<0.05$) olduğu gözlemlenmiştir. Bu anlamlı ilişkinin % 21,8 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Selenyum ile organik madde arasındaki korelasyon

Organik Madde (OM)		
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,257**
	Sig. (2-tailed)	0,001
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01) * korelasyon önem seviyesi (0,05)		

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile organik madde arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.001<0.05$) olduğu gözlemlenmiştir. Bu anlamlı ilişkinin % 25,7 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.10. Selenyum ile fosfor arasındaki korelasyon

		Fosfor (P)
Selenyum	Pearson Korelasyon	-0,010
	Sig. (2-tailed)	0,898
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile fosfor arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.898>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.11. Selenyum ile asitlik derecesi (pH) arasındaki korelasyon

		pH
Selenyum	Pearson Korelasyon	-0,119
	Sig. (2-tailed)	0,113
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile asitlik derecesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.113>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.12. Selenyum ile elektriksel iletkenlik (EC) arasındaki korelasyon

		EC
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,173*
	Sig. (2-tailed)	0,021
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile elektriksel iletkenlik arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.021<0.05$) olduğu gözlemlenmiştir. Bu anlamlı ilişkinin % 17,3 olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.13. Selenyum ile kireç (CaCO₃) arasındaki korelasyon

		CaCO ₃
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,077
	Sig. (2-tailed)	0,306
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile kireç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.306>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.14. Selenyum ile kil arasındaki korelasyon

		Kil
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,058
	Sig. (2-tailed)	0,439
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile kil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.439>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.15. Selenyum ile kum arasındaki korelasyon

		Kum
Selenyum	Pearson Korelasyon	-0,107
	Sig. (2-tailed)	0,153
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile kum arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.153>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.16. Selenyum ile kil arasındaki korelasyon

		Silt
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,040
	Sig. (2-tailed)	0,592
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile silt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.592>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

4.7.2. The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) Metoduna Göre Elde Edilen Toplam Selenyum ile Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon

The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) metoduna göre ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen toplam selenyum miktarı ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon ilişkisi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.17. Selenyum ile değişebilir katyonlar toplamı arasındaki korelasyon

Değişebilir Katyonlar Toplamı (DKT)		
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,248**
	Sig. (2-tailed)	0,001
	N	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile değişebilir katyonlar toplamı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.001<0.05$) olduğu gözlemlenmiştir. Bu anlamlı ilişkinin % 24,8 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.18. Selenyum ile organik madde arasındaki korelasyon

Organik Madde (OM)		
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,256**
	Sig. (2-tailed)	0,001
	N	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile organik madde arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.001<0.05$) olduğu gözlemlenmiştir. Bu anlamlı ilişkinin % 25,6 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. Selenyum ile fosfor arasındaki korelasyon

Fosfor (P)		
Selenyum	Pearson Korelasyon	-0,016
	Sig. (2-tailed)	0,827
	N	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile fosfor arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.827>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.20. Selenyum ile asitlik derecesi (pH) arasındaki korelasyon

		pH
Selenyum	Pearson Korelasyon	-0,119
	Sig. (2-tailed)	0,111
	N	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile asitlik derecesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.111>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.21. Selenyum ile elektriksel iletkenlik (EC) arasındaki korelasyon

		EC
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,195**
	Sig. (2-tailed)	0,009
	N	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile elektriksel iletkenlik arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.009<0.05$) olduğu gözlemlenmiştir. Bu anlamlı ilişkinin % 19,5 olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.22. Selenyum ile kireç (CaCO_3) arasındaki korelasyon

		CaCO_3
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,075
	Sig. (2-tailed)	0,320
	N	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile kireç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.320>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.23. Selenyum ile kil arasındaki korelasyon

		Kil
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,077
	Sig. (2-tailed)	0,309
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile kil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.309>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.24. Selenyum ile kum arasındaki korelasyon

		Kum
Selenyum	Pearson Korelasyon	-0,120
	Sig. (2-tailed)	0,110
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile kum arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.110>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.25. Selenyum ile silt arasındaki korelasyon

		Silt
Selenyum	Pearson Korelasyon	0,036
	Sig. (2-tailed)	0,631
	N	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Pearson analiz sonucuna göre, selenyum ile silt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.631>0.05$) olmadığı gözlemlenmiştir.

4.7.3. Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon Tablosu

Çizelge 4.26.'da toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon görülmektedir.

Çizelge 4.26. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		DKT	OM	P	pH	EC	KİREC	KİL	KUM	SİLT
DKT	Pearson Korelasyon	1	,044	-,049	,105	,345**	,114	,098	-,438**	,274**
	Sig. (2-tailed)		,557	,517	,164	,000	,130	,192	,000	,000
	N	179	179	179	179	179	179	179	179	179
OM	Pearson Korelasyon	,044	1	,170*	-,403**	,276**	-,033	,056	-,097	,033
	Sig. (2-tailed)	,557		,023	,000	,000	,662	,453	,197	,658
	N	179	179	179	179	179	179	179	179	179
P	Pearson Korelasyon	-,049	,170*	1	-,243**	,122	,095	,099	-,027	-,056
	Sig. (2-tailed)	,517	,023		,001	,103	,207	,186	,721	,454
	N	179	179	179	179	179	179	179	179	179
pH	Pearson Korelasyon	,105	-,403**	-,243**	1	-,204**	,062	,159*	-,017	-,111
	Sig. (2-tailed)	,164	,000	,001		,006	,408	,034	,823	,139
	N	179	179	179	179	179	179	179	179	179
EC	Pearson Korelasyon	,345**	,276**	,122	-,204**	1	,194**	,213**	-,225**	,013
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,103	,006		,009	,004	,002	,859
	N	179	179	179	179	179	179	179	179	179
KİREC	Pearson Korelasyon	,114	-,033	,095	,062	,194**	1	,153*	-,410**	,208**
	Sig. (2-tailed)	,130	,662	,207	,408	,009		,040	,000	,005
	N	179	179	179	179	179	179	179	179	179
KİL	Pearson Korelasyon	,098	,056	,099	,159*	,213**	,153*	1	-,204**	-,621**
	Sig. (2-tailed)	,192	,453	,186	,034	,004	,040		,006	,000
	N	179	179	179	179	179	179	179	179	179
KUM	Pearson Korelasyon	-,438**	-,097	-,027	-,017	-,225**	-,410**	-,204**	1	-,641**
	Sig. (2-tailed)	,000	,197	,721	,823	,002	,000	,006		,000
	N	179	179	179	179	179	179	179	179	179
SİLT	Pearson Korelasyon	,274**	,033	-,056	-,111	,013	,208**	-,621**	-,641**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,658	,454	,139	,859	,005	,000	,000	
	N	179	179	179	179	179	179	179	179	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Çizelge 4.27. Değişebilir katyonlar toplamı (DKT) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		OM	P	pH	EC	KİREC	KİL	KUM	SİLT
DKT	Pearson Korelasyon	0,044	-0,049	0,105	0,345**	0,114	0,098	-0,438**	0,274**
	Önem sev. (2-tailed)	0,557	0,517	0,164	0,000	0,130	0,192	0,000	0,000
	N	179	179	179	179	179	179	179	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı üzere; Pearson analiz sonucuna göre,

- DKT ile OM arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.557>0.05$) olmadığı,
- DKT ile P arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.517>0.05$) olmadığı,
- DKT ile pH arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.164>0.05$) olmadığı,
- DKT ile EC arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 34,5,
- DKT ile kireç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.130>0.05$) olmadığı,
- DKT ile kil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.192>0.05$) olmadığı,
- DKT ile kum arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 43,8,
- DKT ile silt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 27,4 olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.28. Organik madde miktarı (OM) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		DKT	P	pH	EC	KİREC	KİL	KUM	SİLT
	Pearson Korelasyon	0,044	0,170*	-0,403**	0,276**	-0,033	0,056	-0,097	0,033
OM	Önem sev. (2-tailed)	0,557	0,023	0,000	0,000	0,662	0,453	0,197	0,658
	N	179	179	179	179	179	179	179	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı üzere; Pearson analiz sonucuna göre,

- OM ile DKT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.557>0.05$) olmadığı,
- OM ile P arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.023<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 17,
- OM ile pH arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 40,3,
- OM ile EC arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 27,6,
- OM ile kireç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.662>0.05$) olmadığı,
- OM ile kil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.453>0.05$) olmadığı,
- OM ile kum arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.197>0.05$) olmadığı,
- OM ile silt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.658>0.05$) olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.29. Fosfor (P) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		DKT	OM	pH	EC	KİREC	KİL	KUM	SİLT
	Pearson Korelasyon	-0,049	0,170 [*]	-0,243 ^{**}	0,122	0,095	0,099	-0,027	-0,056
P	Önem sev. (2-tailed)	0,517	0,023	0,001	0,103	0,207	0,186	0,721	0,454
	N	179	179	179	179	179	179	179	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı üzere; Pearson analiz sonucuna göre,

- P ile DKT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.517>0.05$) olmadığı,
- P ile OM arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.023<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 17,
- P ile pH arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.001<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkininde % 24,3,
- P ile EC arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.103>0.05$) olmadığı,
- P ile kireç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.207>0.05$) olmadığı,
- P ile kil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.186>0.05$) olmadığı,
- P ile kum arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.721>0.05$) olmadığı,
- P ile silt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.454>0.05$) olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.30. Asitlik derecesi (pH) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		DKT	OM	P	EC	KİREC	KİL	KUM	SİLT
	Pearson Korelasyon	0,105	-0,403**	-0,243**	-0,204**	0,062	0,159*	-0,017	-0,111
pH	Önem sev. (2-tailed)	0,164	0,000	0,001	0,006	0,408	0,034	0,823	0,139
	N	179	179	179	179	179	179	179	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı üzere; Pearson analiz sonucuna göre,

- pH ile DKT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.164>0.05$) olmadığı,
- pH ile OM arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 40,3,
- pH ile EC arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.006<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 20,4,
- pH ile kireç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.408>0.05$) olmadığı,
- pH ile kil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.034<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 15,9,
- pH ile kum arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.823>0.05$) olmadığı,
- pH ile silt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.139>0.05$) olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.31. Elektriksel iletkenlik (EC) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		DKT	OM	P	pH	KİREC	KİL	KUM	SİLT
	Pearson Korelasyon	0,345**	0,276**	0,122	-0,204**	0,194**	0,213**	-0,225**	0,013
EC	Önem sev. (2-tailed)	0,000	0,000	0,103	0,006	0,009	0,004	0,002	0,859
	N	179	179	179	179	179	179	179	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı üzere; Pearson analiz sonucuna göre,

- EC ile DKT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 34,5,
- EC ile OM arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 27,6,
- EC ile P arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.103>0.05$) olmadığı,
- EC ile pH arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.006<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 20,4,
- EC ile kireç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.009<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 19,4,
- EC ile kil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.004<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 21,3 ,
- EC ile kum arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.002<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 22,5,
- EC ile silt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.859>0.05$) olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.32. Kireç (CaCO_3) ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		DKT	OM	P	pH	EC	KİL	KUM	SİLT
	Pearson Korelasyon	0,114	-0,033	0,095	0,062	0,194**	0,153*	-0,410**	0,208**
KİREC	Önem sev. (2-tailed)	0,130	0,662	0,207	0,408	0,009	0,040	0,000	0,005
	N	179	179	179	179	179	179	179	179

** korelasyon önem seviyesi (0,01)

* korelasyon önem seviyesi (0,05)

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı üzere; Pearson analiz sonucuna göre,

- Kireç ile DKT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.130>0.05$) olmadığı,
- Kireç ile OM arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.662>0.05$) olmadığı,
- Kireç ile P arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.207>0.05$) olmadığı,
- Kireç ile pH arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.408>0.05$) olmadığı,
- Kireç ile EC arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.009<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 19,4,
- Kireç ile kil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.004<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 15,3,
- Kireç ile kum arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 41,
- Kireç ile silt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.005<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 20,8 olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.33. Kil ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		DKT	OM	P	pH	EC	KİREC	KUM	SİLT
	Pearson Korelasyon	0,098	0,056	0,099	0,159*	0,213**	0,153*	-0,204**	-0,621**
KİL	Önem sev. (2-tailed)	0,192	0,453	0,186	0,034	0,004	0,040	0,006	0,000
	N	179	179	179	179	179	179	179	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)							

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı üzere; Pearson analiz sonucuna göre,

- Kil ile DKT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.192>0.05$) olmadığı,
- Kil ile OM arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.453>0.05$) olmadığı,
- Kil ile P arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.186>0.05$) olmadığı,
- Kil ile pH arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.034<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkin de % 15,9,
- Kil ile EC arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.004<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 21,3,
- Kil ile kireç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.004<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 15,3,
- Kil ile kum arasında istatistiksel olarak ters anlamlı bir ilişkinin ($p=0.006<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 20,4,
- Kil ile silt arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 62,1 olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.34. Kum ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		DKT	OM	P	pH	EC	KİREC	KİL	SİLT
	Pearson Korelasyon	-0,438**	-0,097	-0,027	-0,017	-0,225**	-0,410**	-0,204**	-0,641**
KUM	Önem sev. (2-tailed)	0,000	0,197	0,721	0,823	0,002	0,000	0,006	0,000
	N	179	179	179	179	179	179	179	179
** korelasyon önem seviyesi (0,01)		* korelasyon önem seviyesi (0,05)							

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı üzere; Pearson analiz sonucuna göre,

- Kum ile DKT arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de 43,8,
- Kum ile OM arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.197>0.05$) olmadığı,
- Kum ile P arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.721>0.05$) olmadığı,
- Kum ile pH arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.823>0.05$) olmadığı,
- Kum ile EC arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.002<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 22,5,
- Kum ile kireç arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 41,
- Kum ile kil arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.006<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 20,4,
- Kum ile silt arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 64,1 olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.35. Silt ile toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon

		DKT	OM	P	pH	EC	KİREC	KİL	KUM
	Pearson Korelasyon	0,274 ^{**}	0,033	-0,056	-0,111	0,013	0,208 ^{**}	-0,621 ^{**}	-0,641 ^{**}
SİLT	Önem sev. (2-tailed)	0,000	0,658	0,454	0,139	0,859	0,005	0,000	0,000
	N	179	179	179	179	179	179	179	179
^{**} korelasyon önem seviyesi (0,01)		[*] korelasyon önem seviyesi (0,05)							

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı üzere; Pearson analiz sonucuna göre,

- Silt ile DKT arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 27,4,
- Silt ile OM arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.658>0.05$) olmadığı,
- Silt ile P arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.454>0.05$) olmadığı,
- Silt ile pH arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.139>0.05$) olmadığı,
- Silt ile EC arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.859>0.05$) olmadığı,
- Silt ile kireç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin ($p=0.005<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 20,8,
- Silt ile kil arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 62,1,
- Silt ile kum arasında istatistiksel olarak ters yönde anlamlı bir ilişkinin ($p=0.000<0.05$) olduğu ve bu anlamlı ilişkinin de % 64,1 olduğu görülmüştür.

4.8. Sonuçların İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi (SPSS Programına Göre Regresyon İlişkisi)

Yapılan analizler sonucunda toprak örneklerinin fiziksel-kimyasal özellikleriyle toplam selenyum arasındaki regresyon ilişkisi aşağıdaki verilmiştir.

4.8.1. Martens ve Arkadaşları Tarafından Geliştirilen Metoda Göre Elde Edilen Toplam Selenyum ile Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Regresyon

Martens ve ark. (1997) ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen toplam selenyum miktarı ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki regresyon ilişkisi Çizelge 4.37.' deki gibidir.

Martens ve ark. (1997) ekstraksiyon sonucu elde edilen toplam selenyum ile DKT, OM ve EC arasında anlamlı ilişki olduğu görülmüştür. Ancak EC ile saptanan anlamlı ilişki, regresyon modelinde herhangi bir şey ifade etmediğinden modelde belirtilmemiştir. Ayrıca model oluşturulurken veriler liner dağılım göstermediğinden logaritmik şekliyle kullanılmıştır. Bu anlamlı ilişkiye ait regresyon modeli aşağıdaki gibidir;

$$\log \hat{Y} = 5.739 + 0.006x_1 + 0.149x_2 + \varepsilon$$

$$x_1 = DKT$$

$$x_2 = OM$$

$$\varepsilon = \text{hata}$$

Çizelge 4.36. Toplam selenyum (Martens ve Ark.) miktarı ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki regresyon ilişkisi

Anova ^b						
	Model	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F	Önem sev.
1	Regresyon	2846544,978	8	355818,122	2,934	0,004 ^a
	Artakalan	2,062E7	170	121290,864		
	Toplam	2,347E7	178			

a. Bağımsız Değişken: SİLT, EC, FOSFOR, KİREC, OM, DKT, pH, KİL

b. Bağımlı Değişken: Martens Selenyum

Katsayı ^a						
	Model	Std'laştırılmayan kat.		Std'laştırılan kat.		Önem sev.
		B	Std. Hata	Beta	t	
1	(sabit)	672,368	910,063		0,739	0,461
	DKT	4,877	1,940	0,216	2,514	0,013
	OM	101,886	35,853	0,231	2,842	0,005
	FOSFOR	-2,577	2,869	-0,068	-0,898	0,370
	pH	-95,181	111,900	-0,072	-0,851	0,396
	EC	0,035	0,187	0,016	0,189	0,850
	KİREC	3,069	2,985	0,083	1,028	0,305
	KİL	-0,420	3,210	-0,014	-0,131	0,896
	SİLT	-1,505	2,588	-0,065	-0,582	0,562

a. Bağımlı Değişken: Martens Selenyum

4.8.2. The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) Metoduna Göre Elde Edilen Toplam Selenyum ile Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Regresyon

The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) metodunda belirtilen ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen toplam selenyum miktarı ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki regresyon ilişkisi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.37. Toplam selenyum (SM&T) miktarı ile toprakların fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki regresyon ilişkisi

Anova ^b						
	Model	Kareler Toplamı	df	Kareler Ort.	F	Önem sev.
1	Regresyon	2742965,240	8	342870,655	3,365	0,001 ^a
	Artakalan	1,732E7	170	101902,145		
	Toplam	2,007E7	178			
a. Bağımsız Değişken, SİLT, EC, FOSFOR, KİREC, OM, DKT, pH, KİL						
b. Bağımlı Değişken: SMT.Se						
Katsayı ^a						
		Std'laştırılmayan kat.		Std'laştırılan kat.		Önem sev.
	Model	B	Std. Hata	Beta	t	
1	(Constant)	690,512	834,159		0,828	0,409
	DKT	5,042	1,778	0,241	2,835	0,005
	OM	90,749	32,863	0,223	2,761	0,006
	FOSFOR	-2,683	2,629	-0,076	-1,020	0,309
	pH	-98,010	102,567	-0,080	-0,956	0,341
	EC	0,060	0,171	0,029	0,349	0,728
	KİREC	2,525	2,736	0,074	0,923	0,357
	KİL	0,083	2,942	0,003	0,028	0,977
	SİLT	-1,390	2,372	-0,064	-0,586	0,559

a. Bağımlı değişken: SMT.Se

The Standarts Measurements and Testing Programme (SM&T) metoduna göre ardışık ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen toplam selenyum ile DKT, OM ve EC arasında anlamlı ilişki olduğu görülmüştür. Ancak EC ile saptanan anlamlı ilişki, regresyon modelinde herhangi bir şey ifade etmediğinden modelde belirtilmemiştir. Ayrıca model oluşturulurken veriler liner dağılım göstermediğinden logaritmik şekliyle kullanılmıştır. Bu anlamlı ilişkiye ait regresyon modeli aşağıdaki gibidir;

$$\log \hat{Y} = 5.774 + 0.006x_1 + 0.133x_2 + \varepsilon$$

$$x_1 = DKT$$

$$x_2 = OM$$

$$\varepsilon = \text{hata}$$

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Amik ovası topraklarında belirlenen değişebilir katyonların toplamının normal sınırlar içerisinde bulunması, bitki gelişimi için gerekli besin elementlerinin katyon değişim yoluyla temin edilebileceğini ve depolanabileceğini ortaya koymuştur.

Değişebilir katyonlar toplamı; kil ve silt içeriğiyle doğrudan ilişkilendirilebilir. Tanecik boyutu kum-silt-kil sıralamasında giderek artmaktadır. Bu da katyonların daha geniş yüzey alanına sahip (kil oranı yüksek) topraklarda daha çok tutunmasına ve dolayısıyla bitki verimliliği için mutlak gerekli katyon değişim kapasitesinin yüksek olmasına imkân sunmaktadır. Bunun yanı sıra bazen kil içeriği yüksek olduğu halde silt içeriği daha düşük olan toprakların katyon değişim kapasitesi daha yüksek olabilmektedir. Bu durum, kil tipinin de katyon değişim kapasitesi üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Örneğin; 1:1 tipi kil olan kaolinitin, 2:1 tipi kil olan montmorillonite göre daha düşük katyon değişim kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir. Yani bazı topraklarda (kaolinit) kil içeriği yüksek olsa bile, silt içeriği kil içeriğine göre daha düşük olan toprakların katyon değişim kapasitesi daha yüksek olabilmektedir.

Organik madde içeriğinin Amik ovası topraklarında düşük olması; sıcaklık ve nemin optimum düzeyde olmasından, toprak havalanmasının iyi olmasından, tınlı topraklarda (kum-kil-silt içeriğinin eşit olduğu) organik madde ayrışmasının ağır killi topraklara nazaran daha fazla olmasından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Bu bağlamda toprak tekstüründe başta kum ve akabinde silt içeriğinin artışı, toprağın daha fazla havalanmasına, mikroorganizmaların rahat oksijen almasına ve daha rahat hareket etmesine olanak sağlayacağından organik madde daha hızlı ayrışıp azalabilecektir. Ters bir durum söz konusu olduğunda ise, organik madde içeriğinin artması beklenmektedir. Analizi yapılan toprak örnekleri incelendiğinde açıkça görülmektedir ki, kum ve silt içeriği kil içeriğine kıyasla daha yüksek miktarda bulunmaktadır. Bu durum neticesinde de, organik madde içeriğinin düşük olması makul görünmektedir.

Fosfor seviyesinin, Türkiye toprakları göz önünde bulundurulduğunda genelde düşük olduğu, sadece Mardin ve Hatay topraklarının belirli bir bölümünde yüksek olduğu görülmektedir. Bu bağlamda Hatay ili sınırlarında bulunan Amik ovası topraklarının fosfor içeriğinin de birkaç örnek dışında bu bilgiyi doğrular nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Fosfor ile toprakların kil içeriği, kil tipi, kireç içeriği ve kirecin

tekstürü arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Bu bağlamda, analizi yapılan tüm toprakların kil, kireç içerikleriyle fosfor karşılaştırıldığında fosfor miktarının yeterli seviyede olacağı düşünülmüştür. Ancak bazı örneklerde bu gibi doğrudan ilişki bulunmadığı ve fosfor miktarının düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum; toprağın oluştuğu ana materyalin fosfor bakımından fakir özellikte olmasından kaynaklanabilir. Genelleme yapılacak olursa, ana materyalde fosfor yeterli seviyede olmasına rağmen fosfor eksikliği görülüyorsa; bu toprakların kil tipi, kireç içeriği, alüminyum, demir oksit ve hidroksitleri, organik madde yüksekliği, amorf özellikte olan allofan tipi topraklarının olmasından kaynaklanmaktadır. Toprakların alkali olması, yani yarı kurak iklime sahip ülkemiz topraklarında kirecin yüksekliği, fosforun kalsiyum fosfat şeklinde yarayışsız forma dönüşmesine neden olmaktadır. Analizini yaptığımız toprakların genel itibariyle kireç içeriğinin normalden fazla olması benzer bir durumun burada olabileceğini göstermektedir. Ayrıca 1:1 tipi kaolinit kilinde, 2:1 tipi killere oranla kristal kafesinin daha fazla kırılma bölgeleri bulunması ve spesifik yüzey alanının da daha fazla olması nedeniyle fosfor fiksasyonu meydana gelmekte ve bu da fosforun yarayışlı forma geçmesine engel teşkil etmektedir.

Toprakların hafif alkali olması her zaman doğrusal bir bağlantı kurulamasa da genel olarak sodyum ve kireç içeriklerinin yüksek olmasından kaynaklanabilmektedir. Analizini yaptığımız toprakların kireç içeriklerinin yüksek olması sebebiyle, pH değerlerinin 7,5-8,5 aralığında olması normal bir durumdur.

Toprak pH'sı doğrudan ve/veya dolaylı olarak toprak içerisinde meydana gelen birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayı etkilemektedir.

Ayrıca pH derecesi, toprakta mevcut bitki besin maddelerinin bitki için yarayışlılığında önemli rol oynamaktadır. Örneğin; azot, fosfor ve potasyumun bitkiler tarafından alımı açısından en uygun değerler 6,5-7,5 arasındır. pH'ın 5,0'ten küçük olduğu durumlarda ise, Al ve Mn bitkiler için toksik etki yapmaktadır. Fosfor; 6,0'dan düşük pH değerlerinde Al ve Fe ile, 7,5'den büyük değerlerde ise Ca ile bağlanmaktadır. Bu nedenle bitkiler tarafından alınması zorlaşmaktadır. Fosfor ile ilgili açıklama kısmında da bu duruma atıf yapılmış ve bazı toprakların düşük fosfor içeriğinin nedeni olarak yüksek pH belirtilmiştir. 7,5 den büyük değerlerde aynı zamanda; Fe, Cu, Zn, Mn gibi mikro elementler çözünemez forma geçtiğinden, bitkiler için yarayışlılığı yüksek oranda azalmaktadır.

Analizini yaptığımız bazı toprak örneklerinin sodyum ve kireç içerikleriyle pH değerleri arasında doğrusal bir ilişki gözlenmemiştir. Bu durum toprakların redoks potansiyellerinin, iklim, toprak tipi, yetiştirilen bitkilerin özelliklerinin farklı olmasının bir sonucudur.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere, toprak pH'sının bilinmesi ve düzenlenmesi, bitki beslenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Genellikle alkali karakterli topraklarda; ortamdaki H^+ iyonları konsantrasyonunu arttırmak ve/veya mevcut H^+ iyonlarını aktif hale geçirmek için, toprağa toz kükürt ve organik madde ya da jips uygulaması yapılmaktadır. Toprak tepkimesinin düşük olduğu durumlarda ise, kireçleme yapmakta yarar görülmektedir.

Tuzluluk parametrelerinden biri olan elektriksel iletkenlik bakımından incelendiğinde Amik ovası topraklarının, 100-400 ($\mu S/m$) arasında bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Aşağıdaki Çizelge 5.1.' den de anlaşılacağı üzere, analizi yapılan bu topraklarının tuzsuz toprak sınıfında olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.1. Toprakların tuzluluk sınıflandırma sınır değerleri (Lindsay ve Norwell, 1969)

Tanımlaması	Tuzluluk Sınırı ($\mu S/m$)
Tuzsuz	0-2000
Az Tuzlu	2000-4000
Orta Tuzlu	4000-8000
Çok Tuzlu	8000-16000
Aşırı Tuzlu	>16000

Bu durum ova topraklarının diğer özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda çok normal değildir. Çünkü hem kireç içeriğinin yüksek, hem de pH değerlerinin 7,5-8,5 aralığında olması bu toprakların tuzluluk açısından, tuzlu toprak sınıfına dahil olmasını gerektirmektedir. Ancak, böyle bir durum toprağın geçirdiği evrelerinin bir sonucu olabilir. Nitekim eskiden Amik gölü diye adlandırılan bölgedeki toprak örnekleri uzun süren göl suyu altındaki indirgen koşullarda, kükürt ve hidrojen sülfür gibi bileşiklerin tuzluluk etki ve aktivitesini azaltıcı etkiye maruz kalmış ve böylece tuzluluk oranı azalmış olabilir. Zaten tuzlu toprakların ıslahında kükürt ve jips gibi maddelerin kullanılması da yukarıdaki bilgiyi doğrular niteliktedir. Kısacası Amik ovası topraklarının genelinde herhangi bir tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Tuzluluğun

yüksek sayılabileceği birkaç noktanın da yüksek sıcaklık altında, toprak suyunun buharlaşıp kapillarite ile yüzeye çıkması ve yükselirken beraberinde tuzları da yüzeye taşıyarak burada biriktirmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kireç içeriğinin ova topraklarında genel itibariyle % 20 civarında olduğu yapılan kireç analizi sayesinde anlaşılmaktadır. Bu da Amik ovası topraklarının fazla kireçli (%15-25) toprak (Lindsay ve Norwell, 1969) sınıfına dahil olduğunu ifade etmektedir. Genel itibariyle analizi yapılan toprakların kireç içeriğinin yüksek olması, toprakların çoğunun göl tabanında oluşma evresini geçirmiş olması ve ovanın etrafını çevreleyen yüksek rakımlı bölgelerden yağış ile birlikte kirecin yıkanarak nispeten daha düşük rakımlı (ova) bölgede birikmesi, akarsuların alüvyal toprakları taşıyarak yine aynı bölgede biriktirmesinden kaynaklanabilmektedir. Kireç içeriği düşük olan topraklar için konuşacak olursak; kireç miktarının yüksek olması kadar, çok düşük olması da bitki beslenmesi açısından sakıncalıdır. Çünkü kalsiyum bitki hücre duvarlarının yapısında yer almaktadır. Ayrıca kireç miktarı çok düşük olan topraklarda, topraktaki kalsiyum karbonat; toprak kırıntılılığını, biyolojik aktiviteyi arttırmakta ve toprak profilinin yıkanmasını güçleştirmektedir. Bu nedenlerden dolayı kireçleme yapılması gerekmektedir. Kireçleme materyali olarak CaO , Ca(OH)_2 , CaCO_3 ve dolomit kullanılmaktadır.

İdeal tekstür olan % 32' lik ortalama kil, kum, silt ve % 2-4 organik madde içeren topraklar tarıma en elverişli topraklardır. Ova toprakları incelendiğinde ideal toprağa yakın özellikte toprakların bulunduğu saptanmıştır. Tekstüre ait dağılım grafiklerinden de anlaşılabileceği gibi, genel olarak ova topraklarının kil içeriği % 15, kum içeriği % 25 ve silt içeriği de % 60 civarında tespit edilmiştir.

Selenyumun iki farklı ardışık ekstraksiyon yöntemiyle araştırıldığı Amik ovası topraklarının; 3000 $\mu\text{g/kg}$ dolaylarında birkaç örnek dışında, genel olarak 150-2000 $\mu\text{g/kg}$ seviyelerinde selenyum içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Toprak kirlilik yönetmelikleri (sınır değer 5 mg/kg) ve literatür ile karşılaştırma yapıldığında bu değerlerin düşük ile normal seviyelerde olduğu ve toksik açıdan herhangi bir problemin olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca yapılan ekstraksiyon işlemleri sayesinde suda çözünebilir ve değişebilir formda olan selenyumun da düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun yüksek kireç içeriğine sahip olan topraklarda, selenyum hareketliliğinin fazla olması, kolayca yıkanması ve bitkiler tarafından rahatlıkla alınmasından kaynaklandığı

düşünülebilir. Yapılan literatür taramalarında, iyi kurutulmamış göl topraklarında organik madde miktarı ile birlikte selenyum miktarının da fazla olduğu, bunun yanı sıra iyi drene edilmiş toprakların selenyum miktarının düşük olduğu vurgulanmıştır (Anderson 1961). Amik ovasının genel itibariyle kurutulmuş göl tabanı topraklarına sahip olması ve iklimin de özellikle yaz aylarında kurak geçmesi nedeniyle selenyumca fakir özellikte olması beklenebilir. Yine toprakların organik madde içeriğiyle selenyum arasında pozitif yönde bir korelasyonun olması göz önünde bulundurulduğunda ve ova topraklarının da pek yüksek olmayan organik madde içeriğine sahip olmasından dolayı selenyumun düşük olması beklenen bir durumdur.

Killi toprakların selenyumca zengin olduğu, kil miktarıyla selenyum arasında ters yönde bir ilişki olduğu dikkate alındığında ova topraklarının kil miktarının düşük olması sebebiyle selenyumca fakir olması doğaldır.

Toprakta optimum yarayırlı besin elementi düzeylerini tam olarak tespit etmek mümkün değildir. Çünkü toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki büyük farklılıklar, bitki gelişimi esnasındaki kuruma-ıslanma periyodları, kök karakteristikleri, kök tipi, kök uzunluğu, kök yapısı, bitki gelişim dönemi, besin elementi noksanlıklarına karşı özel bitki stratejileri gibi bitki kökenli parametreler ve iklim, besin elementi düzeylerinin yeterlilik sınırlarını düzenlemeye tam olarak izin vermemektedir (Lindsay ve Norwell, 1969).

6. KAYNAKLAR

- Alaejos, M.S., Romero, F.J.D., Romero, C.D., 2000. "Selenium and Cancer: Some Nutritional Aspects", **Nutrition**, 184: 183-189.
- Alpaslan, M., Güneş, A. ve İnal, A., 2005. **Deneme tekniği**, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1501, 437 s Ankara.
- Amado, T.J.C., Pes, L.Z., Lemanski, C.L. and Schenato, R.B., 2009. Chemical and physical attributes of oxisols and their relation with irrigated corn and common bean yields. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, 33 (5):1507-1514.
- Amin, A. S., 2014. Speciation of selenium in environmental samples by solid-phase spectrophotometry using 2,3-Dichloro-6-(2,7-dihydroxynaphthylazo) quinoxaline. **Journal of American Official Analytical Chemist International**, Volume: 97, Issue: 2 Pages: 586-592 DOI: 10.5740/jaoacint 11-002.
- Anderson, M. S., 1961. Seleniem in agriculture handbook. Agricultural research service, **U.S. Department of agriculture in cooperation with the geological survey**, U.S. Department of the Interior, Washington, D.C. No.200, p:65.
- Anke, M., Ihnat, M., Stoeppler, M. 2004. Elements and their compounds in the environment. **Wiley-vch**, 3:1365-1406.
- Anonim 2011. Hatay il çevre durum raporu.
- Aydın, K., 1997. **Bir endemik guatr bölgesindeki ilkokul çocuklarında iyot ve selenyum düzeylerinin tiroid volümü, tiroid fonksiyonları, fizik ve zeka gelişimi üzerine etkisi**, Uzmanlık Tezi, Erciyes Üniversitesi Çocuk Sağlığı ve Anabilim Dalı, Kayseri, 87.
- Babagil, G. E., 2008. **Toprak özelliklerindeki yersel değişkenliğin buğday verim paterni üzerinde etkisinin jeostatiksel yöntemlerle belirlenmesi**. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 146 s, Erzurum.
- Bakırcıoğlu, D., 2009. **"Toprakta makro ve mikro element tayini"**, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Anabilim Dalı, 148 s Edirne.
- Bhatti, A.U., Bakhsh, A., Afzal, M., Gurmani, A.H., 1999. Spatial variability of soil properties and wheat yields in an irrigated field. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 63 (5):1308-1319.
- Bremner, J.M. and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total. In: A.L. Page, R.H. Miller (Eds). **Methods of Soil Analysis**. Part 2. 2. Baskı. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, sayfa: 595-624.
- Barceloux, D.G., 1999. Selenium. **Journal Toxicology Clinical Toxicology**, 37(2): 145-172.
- Castilho, I.N.B., Éderson, R.P., Bernhard, W., Abdallah A.S., Eduardo C., Irland B., Gonzaga M., 2014. Determination of selenium in soil samples using high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry and direct solid sample analysis. **Analysis Methods**, 6, 2870-2875.
- Castrignano, A., Goovaerts, P., Lulli, L. and Bragato, G., 2000. A geostatistical approach to estimate probability of occurrence of tuber melanosporem in relation to some soil properties. **Geoderma**, 98: 95-113.
- Castrignano, A., Giugliarini, L., Risaliti, R., Martinelli, N., 2000. Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. **Geoderma**, 48 (5): 576-587.

- Cobo, J.G., Dercon, G., Yekeye, T., Chapungu, L., Kadzere, C., Murwira, A., Delve, R., Cadisch, G., Juan Guillermo, C., Dercon, Gerd, Y.T., Chapungu, Lazarus, Kadzere, Chengetai, Murwira, Amon, Delve, Robert., Cadisch, Georg., 2010. Integration of mid-infrared spectroscopy and geostatistics in the assessment of soil spatial variability at landscape level. **Geoderma**, 11 (5): 464-474.
- Couto, E.G., Stein, A., Klamt, E., A.F. Couto, E.G., Stein, A., Klamt, E., 1998. Large area spatial variability of soil chemical properties in central Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**, 7 (2): 243-264.
- Cox, M.S., Gerard, P.D., Abshire, M.J., AF Cox, Michael S., Gerard, Patrick D., Abshire, Melinda J., 2006. Selected soil properties variability and their relationships with yield in three Mississippi fields. **Soil Science**, 70 (4): 1129-1139.
- Cox, M.S., Gerard, P.D., Reynolds, D.B., A.F Cox, M.S., Gerard, P.D., Reynolds, D.B., 2005. Selected soil property variability and their relationships with cotton yield. **Soil Science**, 220 (1-3):140-153.
- Cox, M.S., Gerard, P.D., Wardlaw, M.C., Abshire, M.J., A.F Cox, M.S., Gerard, P.D., Wardlaw, M.C., Abshire, M.J. 2003. Variability of selected soil properties and their relationships with soybean yield. **Soil Science Society of America Journal**, 72 (1): 31-41.
- Çetin, M., Deniz, G., Polat, Ü., Yalçın, A., 2002. Broilerlerde inorganik ve organik selenyum ilavesinin biyokimyasal kan parametreleri üzerine etkisi. **Uludağ University Journal Faculty Veterinary Medicine**, 21: 59-63
- Demiralay, İ., 1993. Toprak fiziksel analizleri. **Atatürk Üniversitesi**, Yayın. No: 143. Erzurum. s: 90-95.
- Oliveira, J.C., L.C.D. Souza, and V.D. Melo., 2010. Variability of soil physical and chemical properties in different plot divisions of the guabirotuba formation. **Revista Brasileira De Ciencia Do Solo**, 34:1491-1502.
- Dercon, G., J. Deckers, G., Govers, J. Poesen., H. Sanchez, R., Vanegas, M., Ramirez, and G. Loaiza., 2003. Spatial variability in soil properties on slow-forming terraces in the Andes region of Ecuador. **Soil & Tillage Research**, 72: 31-41.
- Dobermann, A., P. Goovaerts, and T. George. 1995. Sources of soil variation in an acid ultisol of the Philippines. **Geoderma**, 68: 173-191.
- Donald L., S. 1996. Methods of soil analysis. part 3. **Chemical Methods**, Soil Science Society of America Book Series, No. 5.
- Elkin, E. M. and Margrave, J. K., 1968. in **Kirkthimer Encyclopedia of Chemical Technology**, 2nd edition volume: 17 E. P. Dukes, ed. New York: Int. 7.
- Gama Design Software., 2008. Geostatistics for environmental science. **Plainwell**, Michigan, USA.
- Gee, G.W. and Hottel K.H., 1986. Particle- size analysis. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods Second Edition. **Agronomy**, No: 9. p: 383-441.
- Goderya, F.S. 1998. Field scale variations in soil properties for spatially variable control: A review. **Journal of Soil Contamination**, 7: 243-264.
- Gontijo, I., Nicole, L.R., Partelli, F.L., Bonomo, R., Santos, E.O.D., Gontijo, A.F., Ivoney., 2012. Variability and spatial correlation among micronutrients and organic matter and yield of black pepper. **Revista Brasileira De Ciencia Do Solo**, 34 (4): 399-416

- Grego, C.R., Rodrigues, C.A.G., Nogueira, S.F., Gimenes, F.M.A., de Oliveira, A., de Almeida, C.G.F., Furtado, A.L.D., Demarchi, J.J.A.D., Grego, A.F., Regina, C., 2013. Variability of soil and pasture epigeal biomass identified by geostatistics. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, 89:11-20.
- Güçer, Ş., 1981. **Atomik soğurum spektroskopisinin çevre kimyasındaki önemi ve sorunları**, Profosörlük tezi, İzmir.
- Halilova, H., 2004. Mikroelementlerin (I, Zn, Co, Mn, Cu, Se) biyojeokimyası. **İlke-Emek Yayınları**, Ankara.
- Hamlett, J.M., Horton, R., Cressie, N.A.C., 1986. Resistant and exploratory techniques for use in semivariogram analysis. **Soil Science Society of American Journal**, 50: 868–875.
- Heijting, S., de Bruin, S. and Bregt, A.K., 2011. The arable farmer as the assessor of within-field soil variation. **Precision Agriculture**, 12: 488–507.
- Huang, B., W.X. Sun, Y.C. Zhao, J. Zhu, R.Q. Yang, Z. Zou, F. Ding, and J.P. Su., 2007. Temporal and spatial variability of soil organic matter and total nitrogen in an agricultural ecosystem as affected by farming practices. **Geoderma**, 139: 336-345.
- Hurst, R., Siyame, W.P.E., Young, D.S., Chilimba, D.C.A., Edward J.M.J., Black, R.C., Ander, L.E., Watts, J.M., Chilima, B., Gondwe, J., Kang'ombe, D., Stein, J.A., Fairweather-Tait, J.S., Gibson, S.R., Kalimbira, A.A., R. Broadley M.R., 2013. Soil-type influences human selenium status and underlies widespread selenium deficiency risks in Malawi. **Scientific Reports**, doi:10.1038/srep01425.
- Jiang, Y.J., Li, L.L., Wu, Y.X., Jia, Y.A., Yuan, D.X., A.F. Jiang, Yongjun, Li., Linli, Wu., Yuexia Jia, Yanan Yuan, Daoxian., 2008. Temporal-spatial variability of soil fertility in karstregion: a case study of Xiaojiang watershed Yunnan. **Environmental Geology**, 72 (5):1311-1320.
- Jiang, H.L., Liu, G.S., Wang, R., Shi, H.Z., Hu, H.C., Jiang Hou-Long, A.F., 2012. Spatial variability of soil total nutrients in a tobacco plantation in central China. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 11 (10):1729-1737.
- Jiang, H.L., Liu, G.S., Wang, X.Z., Song, W.F., Zhang, R.N., Zhang, C.H., Hu, H.C., Li, Y.T., A.F. Jiang Hou-Long, Liu Guo-Shun, Wang Xin-Zhong, Song Wen-Feng, Zhang Rui-Na, Zhang Chun-Hua, Hu Hong-Chao, Li Yan-Tao., 2010. Spatial variability of soil properties in a long-term tobacco plantation in central China. **Soil Science**, 34 (2): 389-400.
- Journel, A.D. and Huijbregts, C.J., 1978. **Mining geostatistics**, Academic Press, London.
- İnam, R., 1997. **Selenyumun adsorptif sıyırma voltametrisi ve diferansiyel puls polarografisi ile tayini için yöntem geliştirilmesi**, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B., 2007. Trace elements from soil to human. **Springer**.
- Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., 2013. **Bitki fizyolojisi**, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim ve Danışmanlık Ltd. Şti.
- Karabaş, M., 2011. **Hidrür oluşturma-atomik absorpsiyon spektrofotometrisi (hg-aas) ile selenyum tayini ve türlemesi**, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Muğla, 86.

- Lark R.M., 2002. Optimized spatial sampling of soil for estimation of the variogram by maximum likelihood. **Geoderma**, 105: 49-80.
- Luck, E., Ruehlmann, J., Kirchmann, H., Lueck, A.F., Erika., 2011. Properties of soils from the Swedish long-term fertility experiments: VI. Mapping soil electrical conductivity with different geophysical. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil And Plant Science**, 140 (1-2): 34-45.
- Lim, T.T., Goh, K.H., 2005. Selenium extractability from a contaminated fine soil fraction: implication on soil cleanup. **Chemosphere**, 58: 91-101
- Lindsay, W.L., and Norwell, W.A., 1978. Development of DTPA soil test zinc iron, manganese and copper. **Soil Science Society of American Journal**, 42:421-428.
- Lindsay, W.L., and Norwell, W.A., 1969. Equilibrium relationships of Zn^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} and H^+ with EDTA and DTPA in soils. **Soil Science Society of American Journal**, 33:62-8.
- Liu, W.J., Y.Z. Su, R. Yang, Q. Yang, and G.P. Fan., 2011. Temporal and spatial variability of soil organic matter and total nitrogen in a typical oasis cropland ecosystem in arid region of Northwest China. **Environmental Earth Sciences**, 64: 2247-2257.
- Liu, S.L., Li, Y., Wu, J.S., Huang, D.Y., Su, Y.R., Wei, W.X., Liu, A.F., Shoulong, Li, Yong, Wu, Jinshui, Huang., Daoyou, Su., Yirong, Wei., Wenxue., 2010. Spatial variability of soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in a hilly red soil landscape in subtropical China. **Soil Science and Plant Nutrition**, 10 (4): 371-386.
- Manning, G., L.G. Fuller, R.G., Eilers, and I. Florinsky., 2001. Soil moisture and nutrient variation within an undulating Manitoba landscape. **Canadian Journal of Soil Science**, 81: 449-458.
- Mapa, R.B., and Kumaragamage, D., 1996. Variability of soil properties in a tropical alfisol used for shifting cultivation. **Soil Technology**, 9:187-197.
- M. B. McBride and D. R. Bouldin Long-Term Reactions of Copper(II) in a contaminated calcareous soil **Soil Science Society of American Journal**, 1984 48: 56–59
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. **Agronomy**, No:9 p: 199-224
- Mengel, K, E A. Kirkby, 1987. Principles of plant nutrition. **International Potas Institute**, P O. Box. CH-3048, Worblaufen-Bern Switzerland.
- Mueller, T.G., Pusuluri, N.B., Mathias, K.K., Cornelius, P.L., Barnhisel, R.I., A.F. Mueller, T.G., Pusuluri, N.B., Mathias, K.K., Cornelius, P.L., Barnhisel, R.I., 2005. Site-specific soil fertility management: A model for map quality rid b-5747-2009. **Soil Science Society of America Journal**, 28 (2):236-252.
- Murphy, J., Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, Volume 27, 1962, Pages 31–36.
- Najafian, A., Dayani, M., Motaghian, H.R., Nadian, H., Najafian, A.F., Asma., 2012. Geostatistical assessment of the distribution of some chemical properties in calcareous soils. **Journal Of Integrative Agriculture**, 28 (1):41-53.
- Nelson, D.W., ve Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon, ve Organic Matter. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical ve Microbiological

- Properties. 2nd Edition. **Agronomy**, No: 9. 539-579, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate ve Gypsum. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical ve Microbiological Properties. 2nd Edition. **Agronomy**, No: 9. 181-197, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Neto, S.P.D., dos Santos, A.C., Leite, R.L.D., Dim, V.P., Neto, D.N.D., da Silva, J.E.C., da Silva Neto, A.F., Sabino Pereira., 2012. Spatial variation of the content of soil organic matter and production of pasture grass marandu. **Bioscience Journal**, 36 (2):599-609.
- Olsen, S.R and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. Methods of Soil Analysis. Part 2. **Chemical and Microbiological Properties**, (ed. Page et al.) p.403-430.ASA-SSSA Madison, WI.
- Ortega, R.A., Santibanez, O.A., A.F. Ortega., Rodrigo A., Santibanez, Oscar A., 2008. Determination of management zones in corn (*Zea mays* L.) based on soil fertility. **Computers and Electronics in Agriculture**, 123 (1-3):137-150.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gok, M., Kaptan, H., 1993. **Toprak Bilimi**, Ziraat Fakültesi Genel Yayın No.73, Ders Kitapları Yayım No: 16 Adana.
- Öztaş, T., 1995. Jeostatistiğin toprak bilimindeki önemi ve uygulanişı. **İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu Kitabı**, Cilt 1 s. 271-280.
- Paillet, Y., Cassagne, N., Brun, J.J., A.F. Paillet, Yoan Cassagne, Nathalie Brun, Jean-Jacques., 2010. Monitoring forest soil properties with electrical resistivity. **Biology and Fertility of Soils**, 34 (5):1491-1502.
- Popijac, V. and Prpic, M. 2002. Soil and wheat grain selenium content in the vicinity of Koprivnica (croatia). **Arh Hig Rada Toksikol**, 53(2):125-33.
- Pracilio, G., M.L. Adams, K.R.J. Smettem, and R.J. Harper., 2006. Determination of spatial distribution patterns of clay and plant available potassium contents in surface soils at the farm scale using high resolution gamma ray spectrometry. **Plant and Soil** 282:67-82.
- Rao, P.S.C., and Wagnet, R.J., 1985. Spatial variability of pesticides in field soils: methods for data analysis and consequences. **Weed Sciences**, 33 (2): 18-24.
- Reilly, C., 1998. Selenium: A new entrant into the functional food arena, **Trends Food Science Technology**, 9: 114-118.
- Rayman, M.P., 2000. "The importance of selenium to human health", **Lancet**, 356: 233-241.
- Ren, C.Y., Z.M. Wang, K.S. Song, B. Zhang, D.W. Liu, G.A. Yang, and Z.M. Liu., 2011. Spatial variation of soil organic carbon and its relationship with environmental factors in the farming-pastoral ecotone of northeast China. **Fresenius Environmental Bulletin**, 20:253-261.
- Rhoades, J.D., 1982a. Cation exchange capacity. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. **Agronomy**, No: 9 Part 2. Edition P: 149-157.
- Rhoades, J.D., 1982. Exchangeable cations. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. **Agronomy**, No:9 Part 2 Edition p:159-164.
- Rockstrom, J., J. Barron, J. Brouwer, S. Galle, and A. de Rouw. 1999. On-farm spatial and temporal variability of soil and water in pearl millet cultivation. **Soil Science Society of America Journal**, 63:1308-1319.

- Sanchez, R.B., Marques, J., Pereira, G.T., Neto, J.B., Siqueira, D.S., de Souza, Z.M., Sanchez, A.F., Rodrigo B., 2012. Mapping the relief forms to estimate the fertilization expenses in sugarcane. **Engenharia Agricola**, 36 (4):1093-1102
- Sağlam, T., Bahtiyar, M., Cangir C., Tok, H.A., 1993, Toprak Bilimi, **Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi**, 1, 2-3,17-23.
- Sarmadian, F., Keshavarzi, A., Malekian, A., Sarmadian, A.F., Fereydoon, Keshavarzi, Ali, Malekian, Arash., 2010. Continuous mapping of topsoil calcium carbonate using geostatistical techniques in a semi-arid region. **Australian journal of crop science**, 56 (5):693-704.
- Schlesinger, W.H., Raikes, J.A., Hartley, A.E. and Cross, A.E., 1996. On the spatial pattern of soil nutrients in desert ecosystems. **Ecology**, 77:364-374.
- Shahandeh, H., Wright, A.L., Hons, F.M. and Lascano, R.J., 2005. Spatial and temporal variation of soil nitrogen parameters related to soil texture and corn yield. **Agronomy Journal**, 97:772-782.
- Sillanpao, M.J., 1972. "Trace elements in soils and agriculture FAO" Roma.
- Stein, A. and Corsten, L.C.A., 1991. Universal krigging and cokrigging as regression procedure. **Biometrics**, 47: 575-587.
- Stenger, R., Priesack, E. and Beese. F., 2002. Spatial variation of nitrate-N and related soil properties at the plot-scale. **Geoderma**, 105:259-275.
- Sun, B., Zhou, S.L., Zhao, Q.G., A.F. Sun, B., Zhou, S.L., Zhao, Q.G., 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. **Geoderma**, 67 (4):1296-1302.
- Şimşek, A., Sarı F., Artık, N., 2004. Selenyumun insan beslenmesi ve sağlığı açısından önemi, **Anadolu University Journal of Science and Technology**, 2: 245-251.
- XianYou, W., YunHui, L., XiuMin, W. and JianXin T., 1999. Study on the form distribution of selenium in soils and its available status. **Journal of Hebei Agricultural University**, 22(1):20-23.
- Van de Wauw, J., Baert, G., Moeyersons, J., Nyssen, J., De Geyndt, K., Taha, N., Zenebe, A., Poesen, J., Deckers, J., 2009. Soil-landscape relationships in the basalt-dominated highlands of Tigray, Ethiopia RID B-8280-2009. **Catena**, 33 (3):571-579.
- Vieira, S.R., Guedes, O., Chiba, M.K., Cantarella, H., Vieira, A.F., Sidney Rosa Guedes F., Osvaldo C., Marcio K.C.H., 2009. Spatial variability of soil chemical properties after coffee tree removal. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, 9 (5):902-912.
- Voortman, R.L., Brouwer, J. and Albersen, P.J., 2004. Characterization of spatial soil variability and its effect on Millet yield on Sudano-Sahelian coversands in SW Niger. **Geoderma**, 121:65-82.
- Wang, Z.C., 1999. Geostatistics and its applications in ecology in Chinese. **Science Press, Beijing**, pp: 162-192.
- Wang, Y.Q., Zhang, X.C. and Huang, C.Q., 2009. Spatial variability of soil total nitrogen and soil total phosphorus under different land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China. **Geoderma**, 150:141-149.
- Watkinson, J.H., 1962. Soil selenium and animal health. **International Soil Conferans**, Washington. 1-7.
- Webber, J., 1981. Trace metals in agriculture In: Lepp NW, editor. Effect of heavy metal pollution on plants: Metals in the environment, vol. II. **London New Jersey: Applied Science Publish**, 84-159.

- Webster, R., 1985. Quantitative spatial analysis of soil in the field. **Advance in Soil Science**, 3: 1–70.
- Wels, M. 1967. Selenium in horizons of soils. **Profils Science**, N1. 142-149.
- Yaprak, S. ve Arslan, E. 2008. Kriging yöntemi ve geoit yüksekliklerinin enterpolasyonu. Hkm Jeodezi, **Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi**, 98: 36-42.
- Yeşilırmak, E., Anaç, S. ve Solow, R., 2009. Büyük Menderes akarsuyunda tuzluluğun mekansal değişimi. **TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi**, 02-06 Kasım 2009, İzmir.
- Ylärinta, T. 1983. Selenium in finnish agricultural soils. **Annales Agrigulturae Fenniae**, 22:122-136.
- Zanao, L.A., Lana, R.M.Q., Guimaraes, E.C., Pereira, J.M.D., Zanao Junior, A.F., Luiz A.Q.L., Guimaraes, R.M., Pereira, E.C.A., Monteiro, J., 2010. Spatial variability of macronutrient contents in untilld oxisols. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, 46 (5):451-460.
- Zheng, Z., Zhang, F., Ma, F., Chi, X., Zhu, Z., Shi, J., and Zhang, S., 2009. Spatiotemporal changes in soil salinity in drip irrigated field. **Geoderma**, 149:243-248.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1983 yılında Antakya’da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Teknik Lise Elektrik Bölümünü Antakya’da tamamladı. Kafkas Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünü 2001 yılında kazandı. Üniversiteden 2005 yılında Kimyager ünvanıyla mezun oldu. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. Şubat 2008 tarihinde Yüksek Kimyager ünvanıyla mezun oldu. 2008 yılı Eylül ayında Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında doktora başladı. Şubat 2010 tarihinde yine aynı üniversitede Kimya Anabilim Dalına geçiş yaparak doktora eğitimini 2014 yılında Doktor ünvanıyla tamamladı.